

FORMATION BATIMENT DURABLE

INSTALLATIONS TECHNIQUES EN RÉNOVATION UNIFAMILIALE

PRINTEMPS 2025

Installation de chauffage et eau chaude sanitaire

Production, émission, distribution et régulation

Muriel BRANDT et Julie RENAUX



PRODUCTION

- ▶ Présenter les différents types de producteur sur le marché
- ▶ Comprendre les impacts d'un changement de producteur
- ▶ Définir la puissance et le besoin de chauffage
- ▶ Présenter les paramètres faisant varier la puissance

EMISSION

- ▶ Présenter les différents types d'émetteur de chauffage que l'on peut retrouver dans une installation de chauffage centralisée en résidentiel unifamilial, leurs modes de fonctionnement, leurs avantages et inconvénients
- ▶ Lister les points d'attention lors du dimensionnement et de la sélection

DISTRIBUTION ET REGULATION

- ▶ Présenter les principaux composants de l'installation de distribution et de régulation
- ▶ Faire comprendre l'importance de la régulation et le fonctionnement d'installations simples
- ▶ Lister les points d'attention en rénovation



PRODUCTION

► **Producteur à combustion**

- Pompe à chaleur
- Solaire thermique
- Puissance de chauffage
- Puissance ECS

EMISSION

DISTRIBUTION

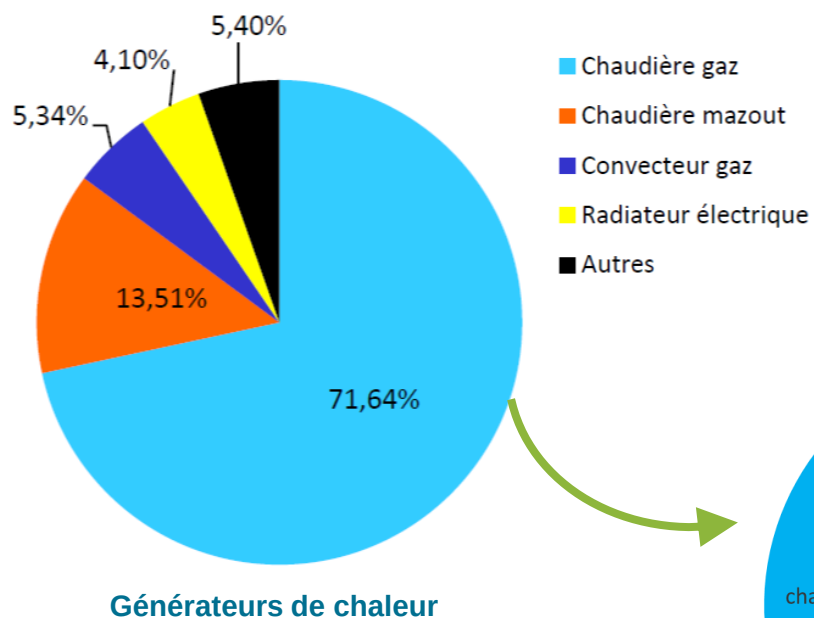
RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS

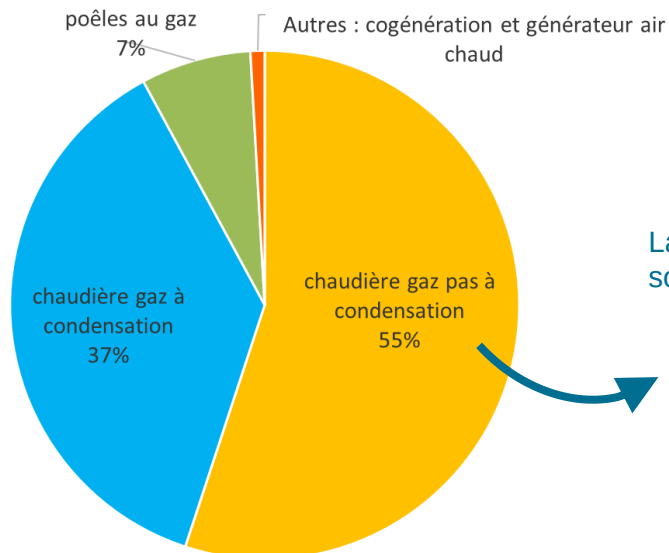


Situation en RBC

- Générateurs dans les certificats PEB résidentiels
 - Zoom sur le gaz



Répartition des appareils de chauffage au gaz



La moitié de ces chaudières sont de type « atmosphérique »



CO

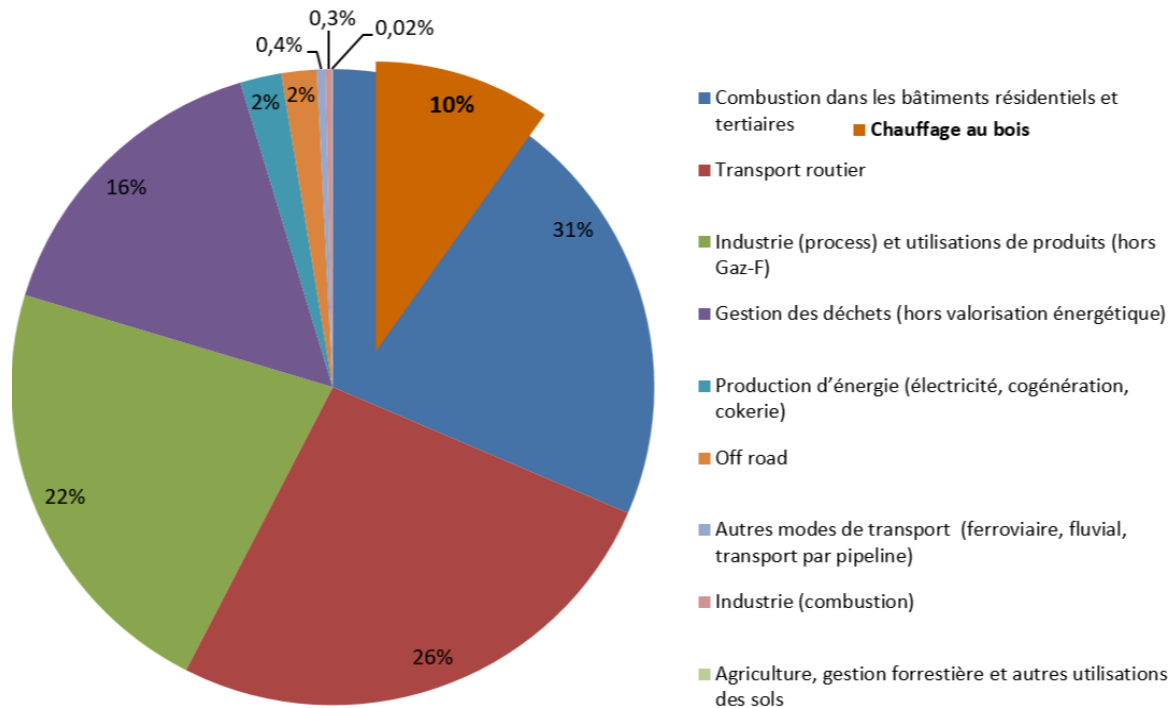
Source: Extraits des rapports études 'vecteurs' de BE



Situation en RBC

- Générateurs dans les certificats PEB résidentiels
 - Zoom sur le bois
 - Le bois est peu présent (< 1%) mais gros impact au niveau des émissions de particules car appareils peu performants:

Contribution relative du chauffage au bois aux émissions de PM_{2.5} en RBC, 2019



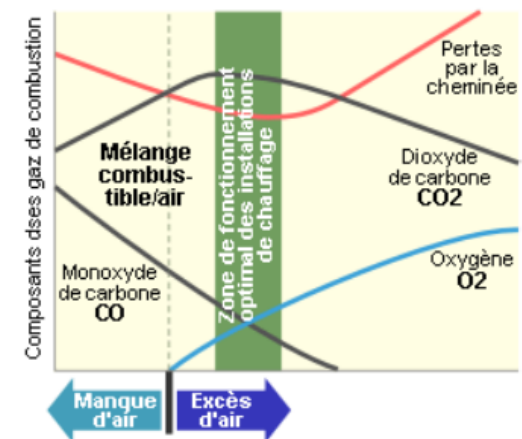
Source: Extraits des rapports études 'vecteurs' de BE



Combustion et combustible

- ▶ Réaction de la combustion
 - Hydrocarbure + Air $\rightarrow$ CO₂ + Vapeur d'eau + Air
- ▶ Hydrocarbures
 - Mazout > interdit à partir du 1 juin 2025
 - Bois > déconseillé à cause des particules fines
 - Gaz > interdit à partir de 2025 (neuf), et de 2030 (rénovation)
- ▶ Air : N₂, O₂, CO₂, ...
 - L'azote contenu dans l'air forme des NO_x dans certaines conditions

	Production de CO ₂	Production de H ₂ O
1 m ³ de gaz	~ 2 kg / m ³	~ 1,7 kg/m ³
1 l de mazout	~ 3 kg / l	~ 0,9 kg/l



Source : Energie +



Pouvoir calorifique

- C'est la **chaleur** que peut dégager la **combustion complète** d'une unité de combustible
- Pouvoir calorifique inférieur (PCI) : mesuré en conservant l'eau à l'état vapeur
- Pouvoir calorifique supérieur (PCS) : mesuré en récupérant la chaleur de condensation de l'eau > **nécessite une chaudière à condensation !**

⇒ **PCS = PCI + chaleur latente**

	PCI	PCS	
Gaz naturel	~ 10 kWh/m ³	~ 11,11 kWh/m ³	+ 11,11 %
Mazout	~ 10 kWh/l	~ 10,64 kwh/l	+ 6,4 %
Propane	~ 6,6 kWh/l	~ 7,2 kWh/l	+ 9 %
Charbon	~ 8,7 kWh/kg	~ 9 kWh/kg	+ 3,5 %
Bois	~ 2,5 à 4 kwh/kg	~ 2,7 à 4,3 kwh/kg	+ 7,5 %
Pellets	~ 5 kWh/kg	~ 5,5 kWh/kg	+ 10 %



Aperçu des technologies existantes

- ▶ Types de chaudières
 - Chaudière sol - murale
 - Brûleur atmosphérique - à air pulsé
 - Haute température - basse température - à condensation
 - Chaudière étanche - non-étanche
 - Brûleur on/off – deux allures - modulant
- ▶ Combustibles : gaz naturel (ou propane) – mazout - bois
- ▶ Large gamme de puissances disponibles
- ▶ Petites puissances de 1 kW à des très grande puissance (> 12MW)



Evolution de la technologie et de la performance des chaudières



Source : écorce

Chaudière atmosphérique

Chaudière à brûleur pulsé



Source : Vaillant

Chaudière à condensation

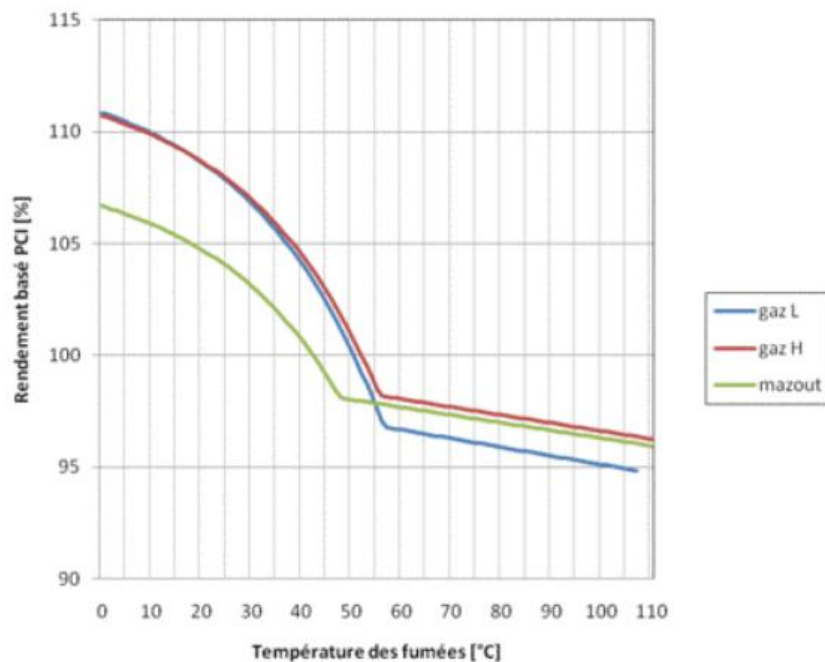


Source : écorce

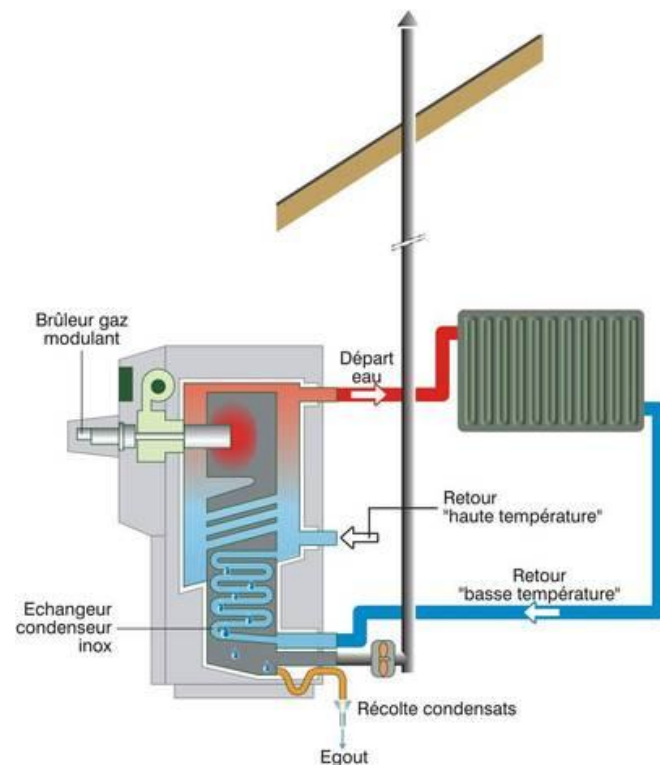


Chaudière à condensation

- ▶ Condensation de la vapeur d'eau présente dans les fumées grâce à un échangeur
- ▶ Rendement ~ 95 .. 108 % (sur PCI)
- ▶ Régime de température plus bas



Source : energie+



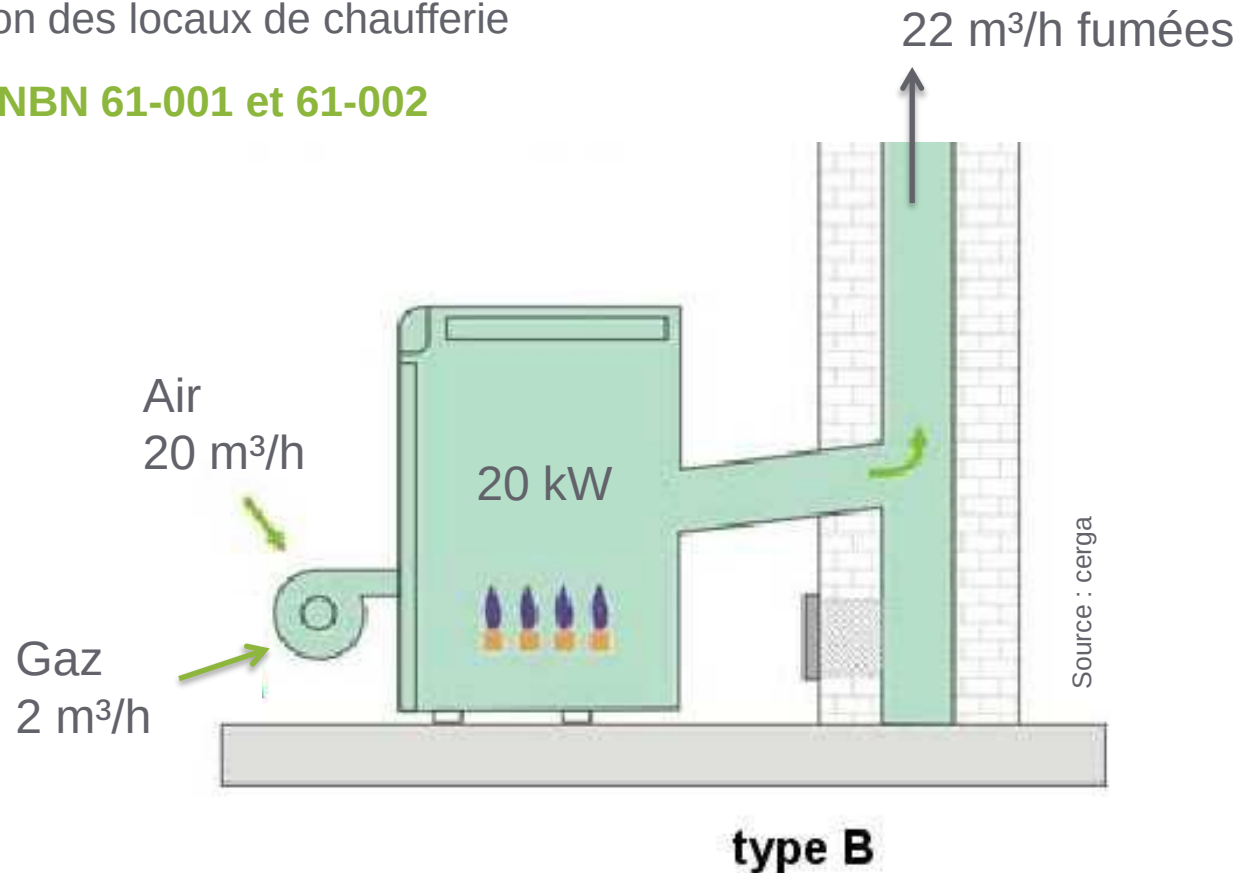
⇒ Il est possible d'utiliser un condenseur séparé, rajouté à une chaudière traditionnelle, pour augmenter son rendement.



Chaudière non étanche

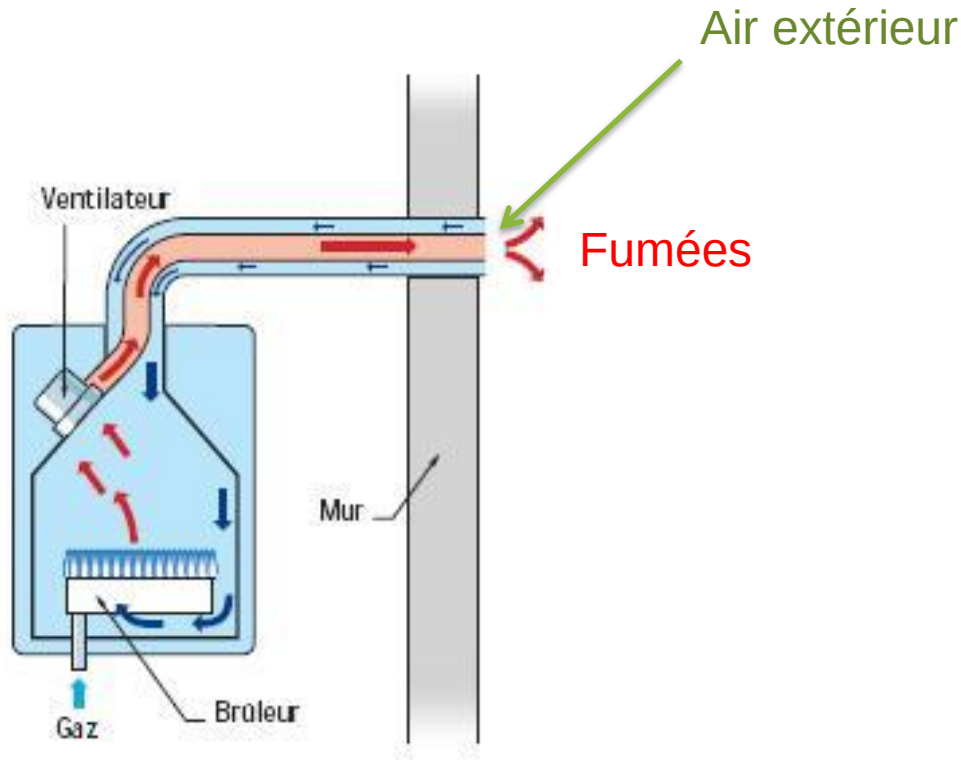
- ▶ Une chaudière est dite « non-étanche » lorsqu'elle prélève l'air dans le local de chaufferie
- ▶ Classification de la chaudière: type B
- ▶ Prévoir la ventilation des locaux de chaufferie

⇒ **Normes NBN 61-001 et 61-002**

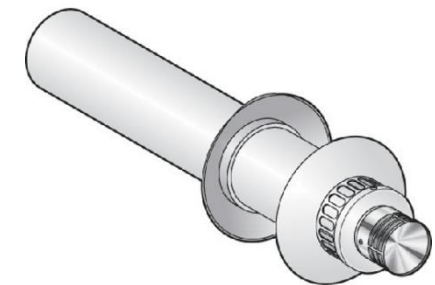


Chaudière étanche

- Une chaudière est dite « étanche » lorsque son fonctionnement est indépendant de l'air du local où elle est installée. Ce principe est également appelé « ventouse ».



Principe de fonctionnement



Conduit concentrique pour chaudière étanche



L'installation d'une chaudière à condensation au gaz nécessite ...

- ▶ Une alimentation en gaz
- ▶ Une évacuation des fumées
- ▶ Une amenée d'air comburant
- ▶ Une évacuation des condensats



Alimentation en gaz

- ▶ Lors de modifications de l'installation de gaz, il est nécessaire de réaliser une réception de l'installation par un organisme habilité « Cerga »
- ▶ Pour connaître ses consommations d'énergie, il est possible d'ajouter des impulsions à un compteur gaz

Plus d'infos : <https://www.sibelga.be/fr/raccordements-compteurs/mon-raccordement/demande-de-travaux/demande/nouvelles-impulsions-de-gaz>



Alimentation en gaz

- ▶ Compteur gaz
 - Consulter les prescriptions du GRD : [Sibelga](#), [Resa](#), ...

Tout local à compteurs de gaz doit en plus être pourvu d'une ventilation haute naturelle (PAS de ventilation mécanique) qui :

- communique directement avec l'extérieur. Elle peut éventuellement être réalisée à l'aide d'un conduit horizontal qui donne sur l'extérieur et est pourvu d'un revêtement REI 60 ;*
- est toujours en dépression ;*
- affiche une section nette et non obturable d'au moins 200 cm².*

L'extrémité supérieure de cette ventilation haute est située à maximum 10 cm du plafond (distance mesurée à partir du point le plus haut dans le local).

⇒ Le local dans lequel le compteur gaz est situé ne peut pas faire partie du volume étanche à l'air...



Evacuation des fumées d'une chaudière à condensation (tirage forcé)

► Directement à l'extérieur ...

- L'exutoire de fumée ne peut pas se situer en façade avant
- Il existe une distance minimale entre le débouché d'un conduit d'évacuation et les orifices d'entrée des bâtiments, déterminée de sorte que le facteur de dilution f soit inférieur à 0,01 (gaz)

La valeur de f est calculée avec la formule:

$$f = \frac{\sqrt{P_n}}{s_1 \times l + s_2 \times \Delta h}$$

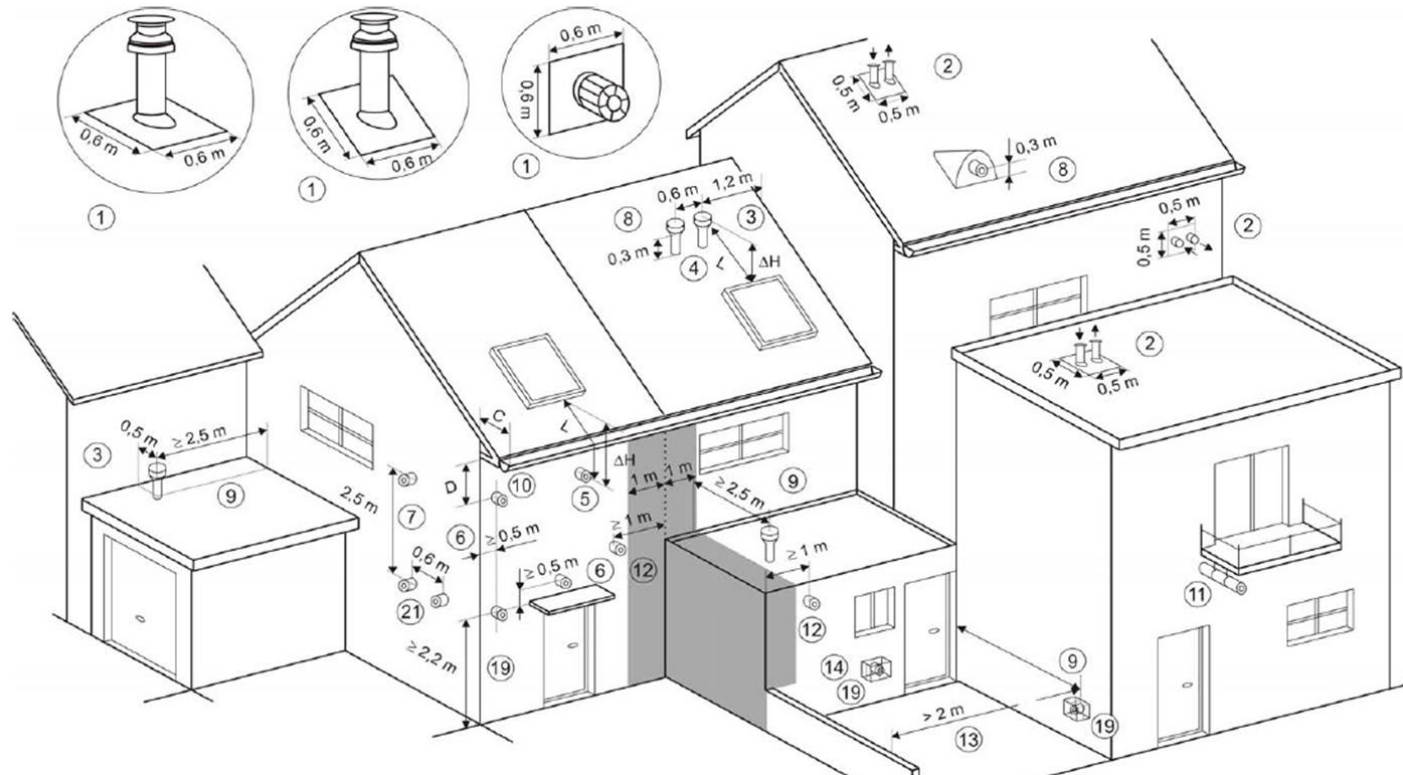
dans laquelle:

- P : la puissance nominale de la chaudière de chauffage central (kW)
- l : la distance entre le débouché du conduit d'évacuation et l'orifice d'entrée (m) en tenant compte des obstacles entre les deux ;
- Δh : la différence de niveau entre le débouché et l'orifice d'entrée (m) ;
- s_1, s_2 : les coefficients de dilution dont les valeurs dépendent de la position du débouché par rapport à l'orifice d'entrée; cette position est identifiée dans l'annexe G par 17 possibilités différentes qui donnent lieu à 8 valeurs de s_1 et s_2 différentes.



Evacuation des fumées d'une chaudière à condensation (tirage forcé)

- Directement à l'extérieur ...
 - Conception des conduits d'évacuation : NBN B 61-002
 - Dimensionnement des conduits d'évacuation : NBN EN 13384-1

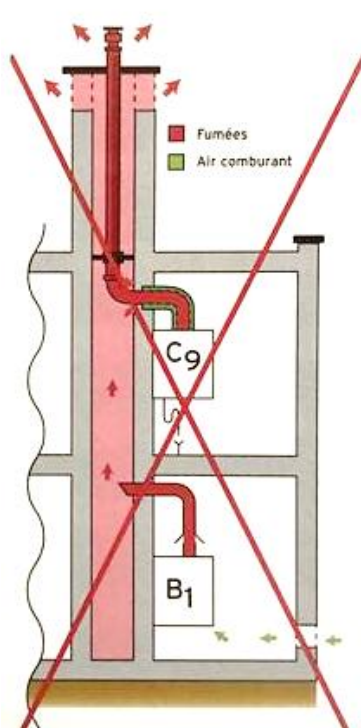


Norme : NBN D 51-003

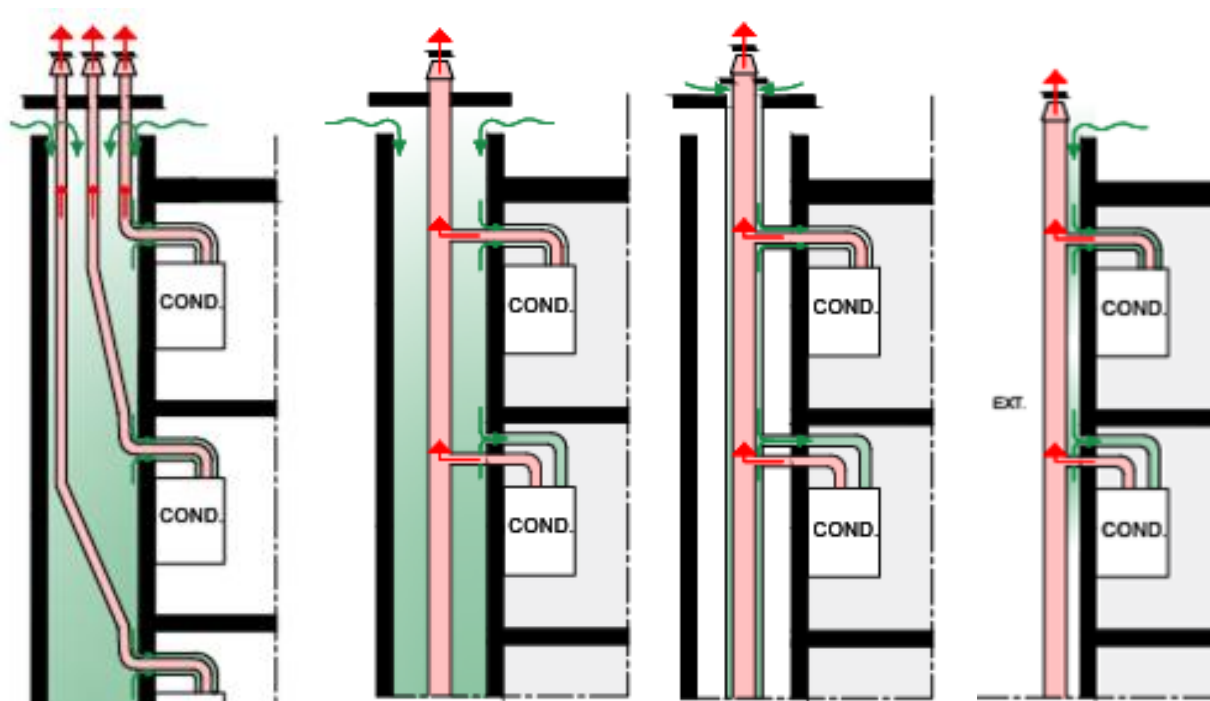


Evacuation des fumées

- Dans un conduit d'évacuation commun...
- Toutes les cheminées d'évacuation ne sont pas compatibles... Il sera certainement nécessaire de tuber la cheminée !



Source : Cerga

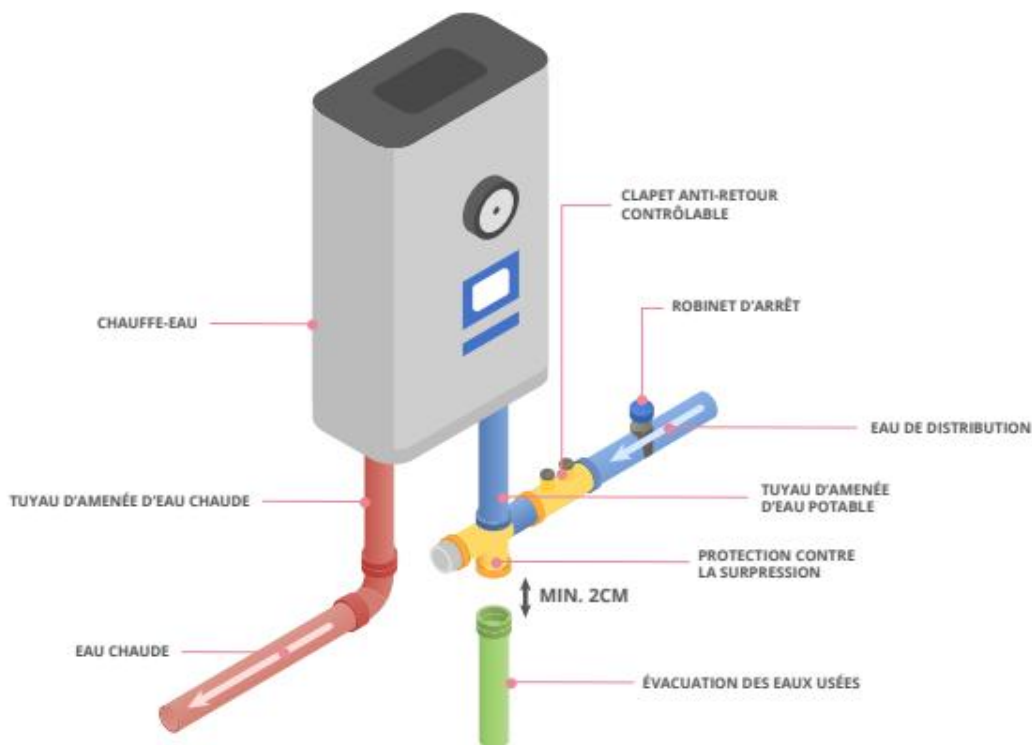


Source : Homegrade



Evacuation des condensats

- Évacuation de l'eau de type gravitaire, vers les égouts avec un tuyau en matière synthétique (condensats corrosifs).
- Si la chaudière est plus basse que le niveau des égouts, il faut installer une pompe de relevage



Amenée d'air comburant

- ▶ Si le producteur n'est pas étanche, une amenée d'air comburant est nécessaire dans le local
 - L'air est amené directement depuis l'extérieur
 - L'orifice est non obturable
 - La surface de l'orifice dépend de la puissance du producteur et est toujours $> 50 \text{ cm}^2$

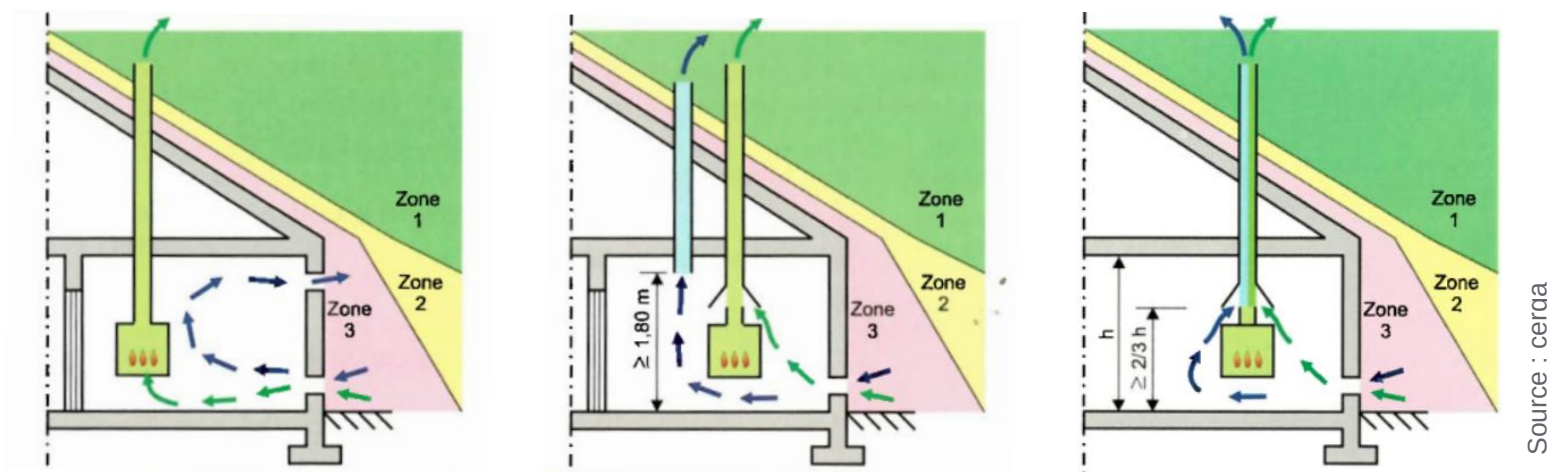
> Outil de calcul : <https://www.buildwise.be/fr/expertise-soutien/buildwise-tools/outil-buildwise-module-de-calcul-ventilation-des-chaufferies/>

- ▶ Si le producteur est étanche, l'amenée d'air comburant peut être réalisée au moyen d'une buse de type ventouse.



Ventilation du local de chauffe

- ▶ Si le producteur n'est pas étanche, le local doit être pourvu :
 - d'une amenée d'air comburant conforme
 - d'une ventilation haute
 - dont la section est d'au moins 1/3 de l'amenée d'air et min 50 cm²
 - et mise en œuvre d'une de manière suivante



- ▶ Si le producteur est étanche, il n'y a pas de dispositions spéciales tant que :
$$\frac{\text{Puissance nominale des appareils (kW)}}{\text{Volume de l'espace d'installation (m}^3\text{)}} \leq 35$$



PRODUCTION

- ▶ Producteur à combustion
- ▶ **Pompe à chaleur**
- ▶ Solaire thermique
- ▶ Puissance de chauffage
- ▶ Puissance ECS

EMISSION

DISTRIBUTION

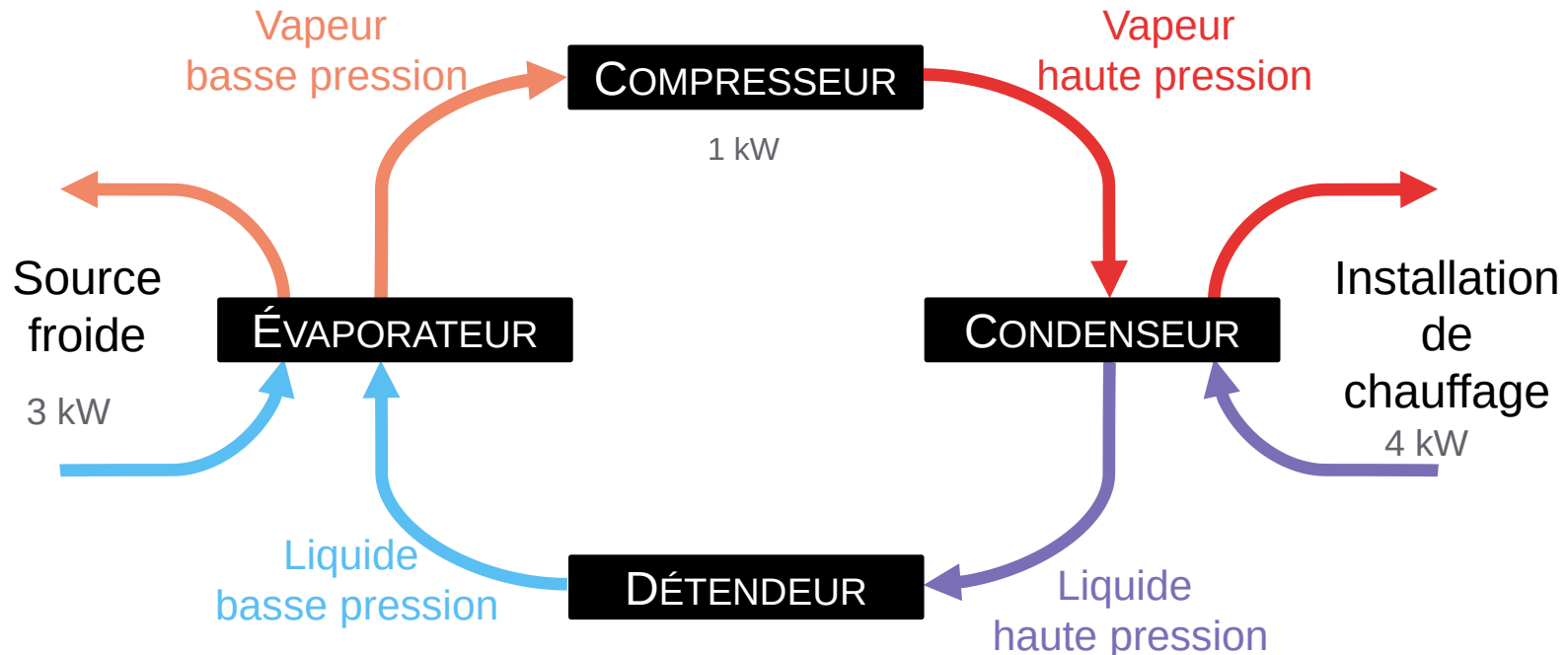
RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS



Principe de fonctionnement

- Soutire de la chaleur d'une « source froide » (sol, air extérieur...) > consommation d'électricité
- Augmente son niveau de température
- Restitue cette chaleur à une température plus élevée



- COP (Coefficient de performance d'une pompe à chaleur) = Puissance thermique du condenseur / Puissance absorbée



Source froide

- ▶ Le sol (= géothermie de surface)
- ▶ L'air (= aérothermie)
- ▶ L'eau (= hydrothermie)
- ▶ La chaleur perdue (air vicié, process...)

PAC aérothermique



Echangeur statique



Echangeur dynamique

PAC géothermique



Captage horizontal



Captage vertical

PAC hydrothermique



Eau de surface

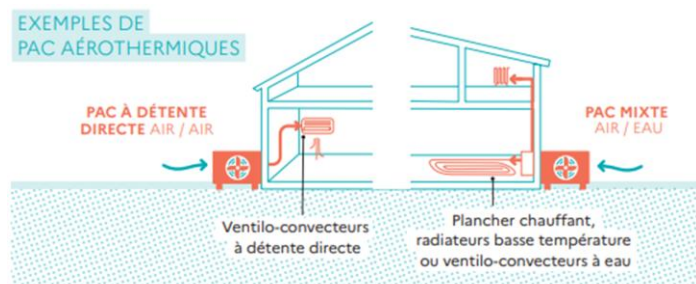


Eau souterraine



Source froide

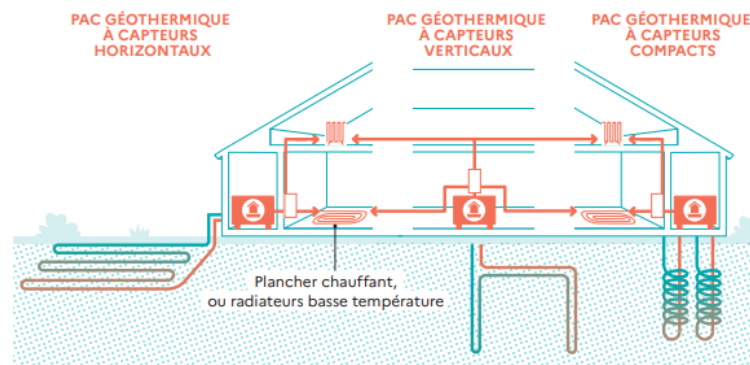
Aérothermie



+ Bonne performance énergétique
(SCOP ~ 3,1)

- Nuisances sonores

Géothermie



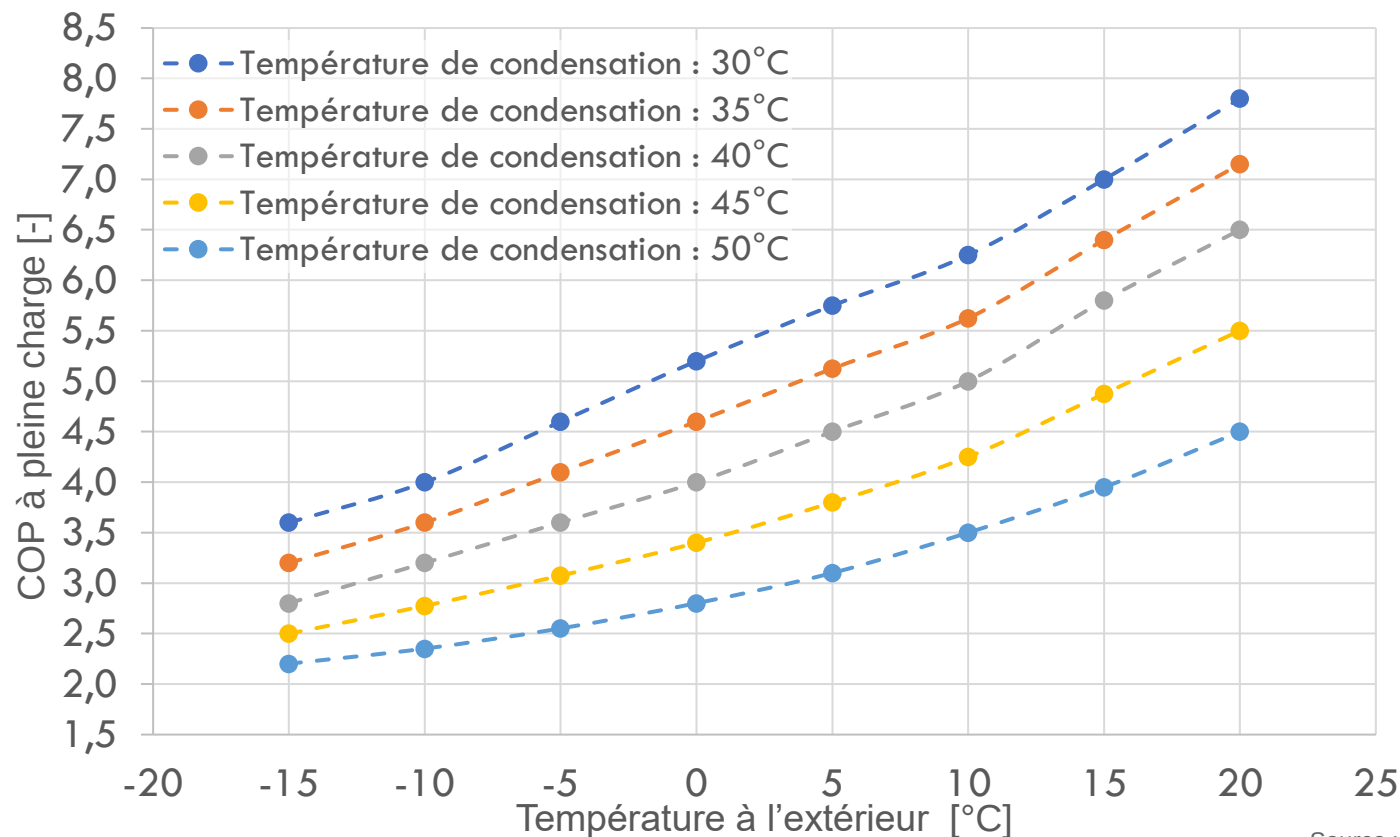
Source : ADEME

+ Très bonne performance énergétique
(SCOP ~ 4,3)

- Installation coûteuse



Performance de la pompe à chaleur



Source : ecorce



Quelle technologie choisir ?

- ▶ Quelles sont les performances attendues ?
- ▶ Quelles sont les contraintes techniques des différentes technologies ?



Raccordement électrique

- ▶ **Capacité du compteur électrique** : Vérifier que le compteur (monophasé ou triphasé) supporte la puissance électrique des installations.
- ▶ **Disjoncteurs et protections** : Installer des disjoncteurs adaptés à la puissance de la PAC et un différentiel comme exigé par le RGIE.
- ▶ **Alimentation monophasée ou triphasée** : Vérifier que le raccordement est adapté au type d'alimentation de la PAC
 - En monophasé, la puissance est limitée (compatible avec une habitation unifamiliale) – limite de puissance environ 12 kW_{th}
 - En triphasé (3x230V sans neutre) commun à Bruxelles, un transformateur peut être nécessaire, mais il consomme de l'énergie même à vide.
- ▶ **Mise à la terre** : Assurer une bonne mise à la terre pour la protection contre les surtensions et la sécurité électrique.
- ▶ **Conformité au RGIE**



Autres points d'attention

- ▶ L'installateur doit être certifié Rescert pour pouvoir bénéficier des primes <https://rescert.be/fr>
- ▶ L'ensemble des équipements de l'installation doit être facilement accessible
- ▶ Une liste des éléments à vérifier lors du chantier à destination des concepteurs est disponible [ici](#) et contient notamment ...
 - Les tests d'étanchéité
 - La réception et mise en service de la pompe à chaleur
 - La protection de l'évaporateur contre le givre (source froide = air)
 - Les nuisances sonores (source froide = air)
 - Les raccordements électriques
 - Le placement d'un compteur de chaleur



PRODUCTION

- Producteur à combustion
- Pompe à chaleur
- **Solaire thermique**
- Puissance de chauffage
- Puissance ECS

EMISSION

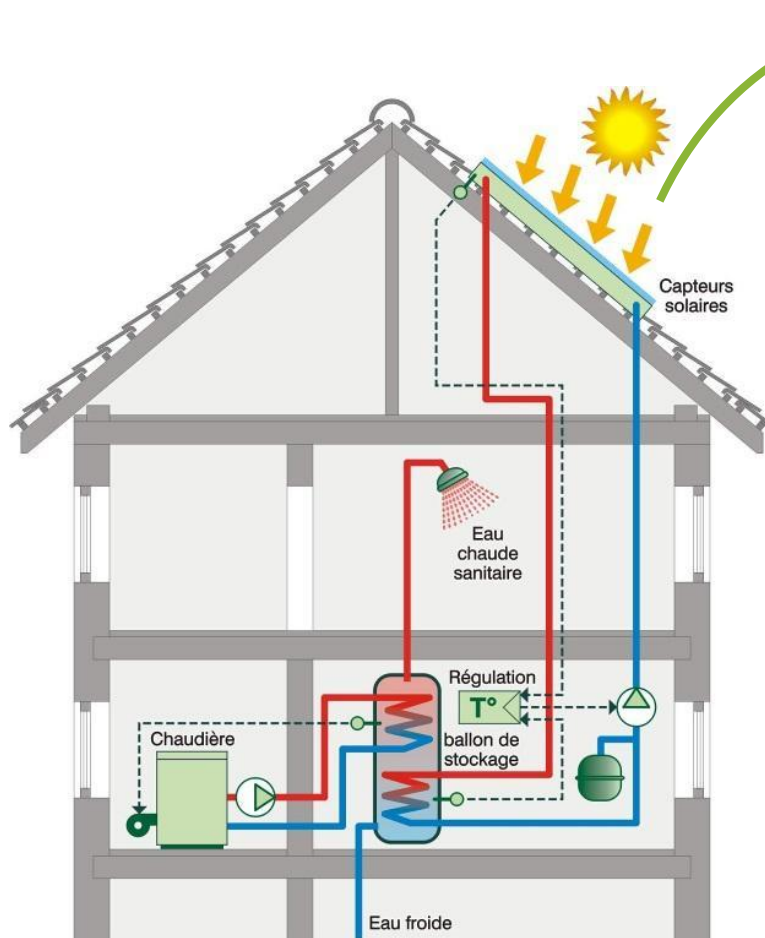
DISTRIBUTION

RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS



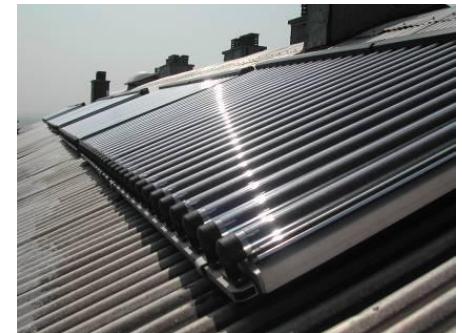
Composants



CAPTEURS



Capteurs plan vitrés

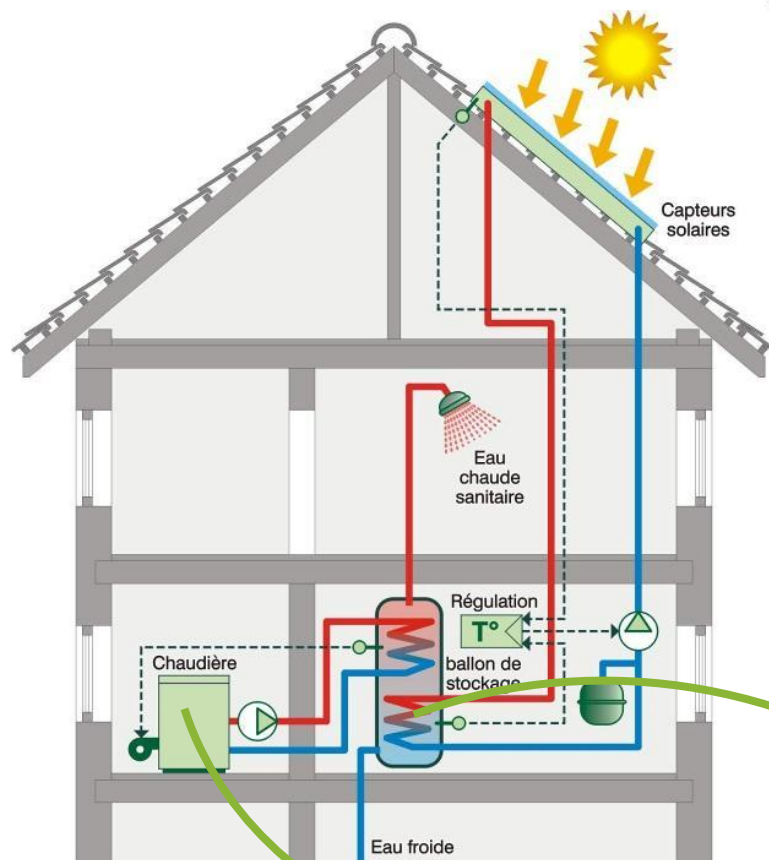


Capteurs tubulaires sous vide

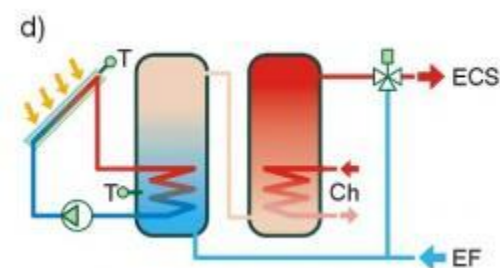
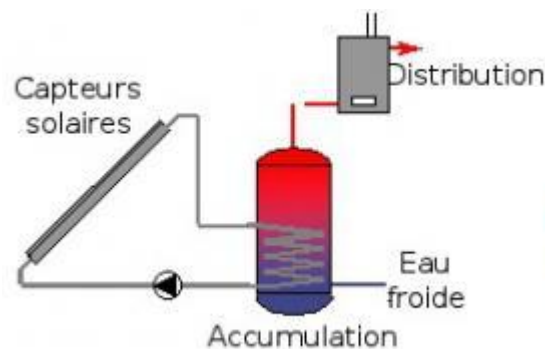
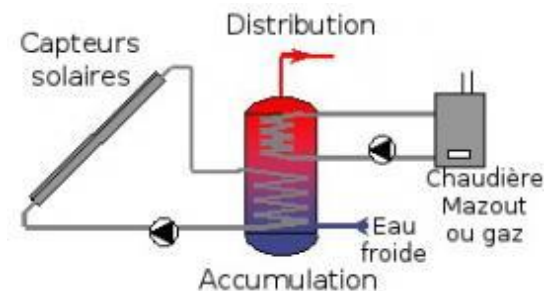
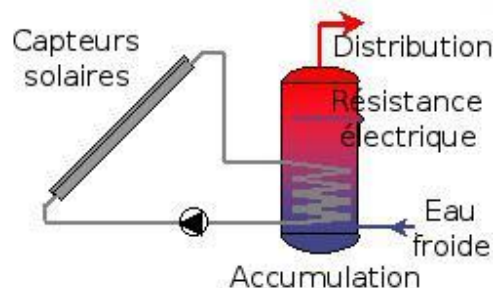
Source : Solarpraxis



Composants



Source : Solarpraxis

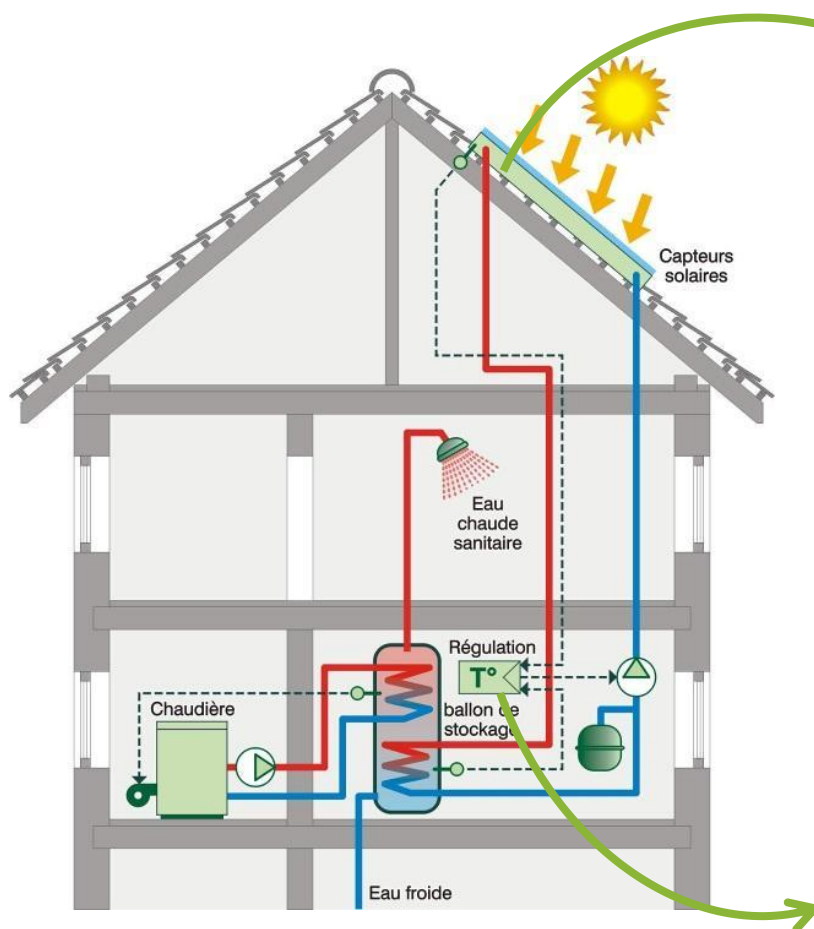


BALLON DE STOCKAGE

APPOINT



Composants



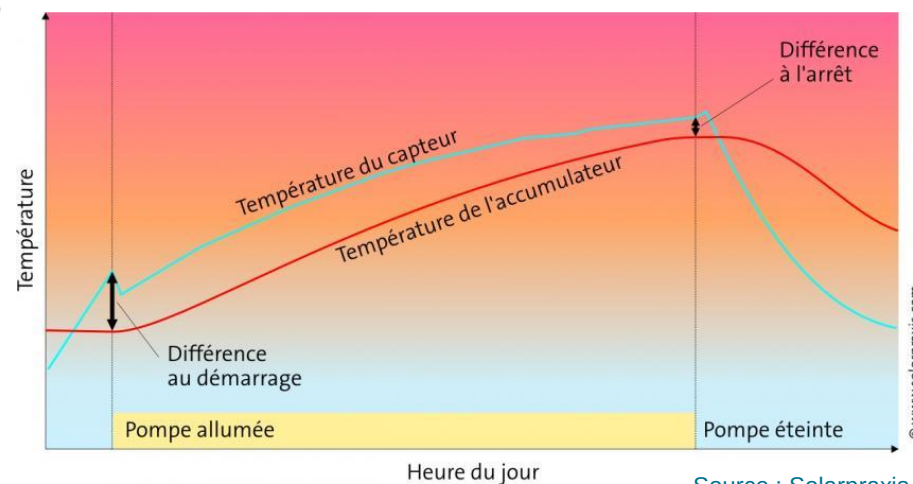
Source : Solarpraxis

ISOLATION



Source : Armacell

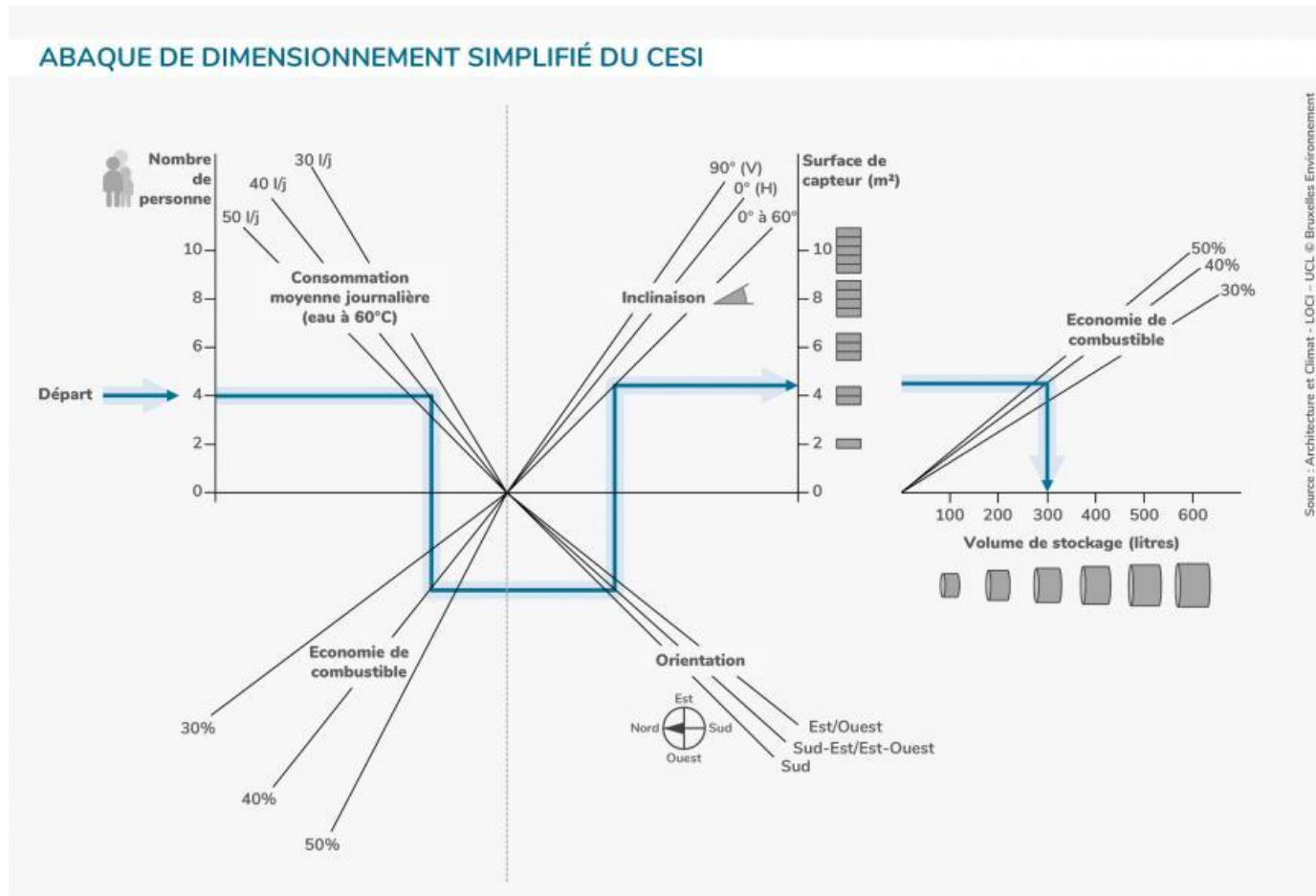
RÉGULATION



Source : Solarpraxis



Prédimensionnement simplifié



PRODUCTION

- ▶ Producteur à combustion
- ▶ Pompe à chaleur
- ▶ Solaire thermique
- ▶ **Puissance de chauffage**
- ▶ Puissance ECS

EMISSION

DISTRIBUTION

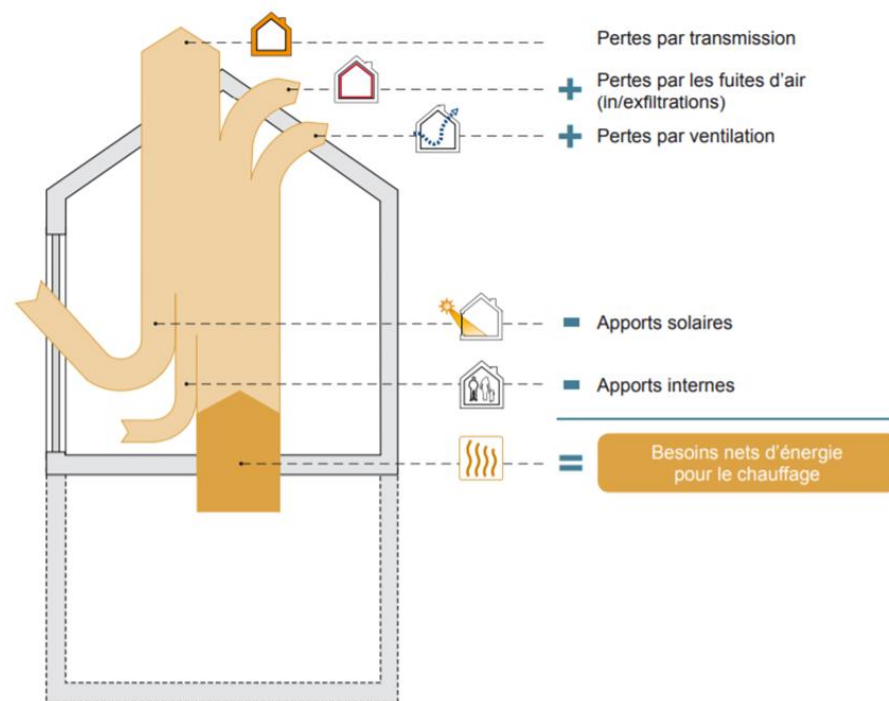
RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS



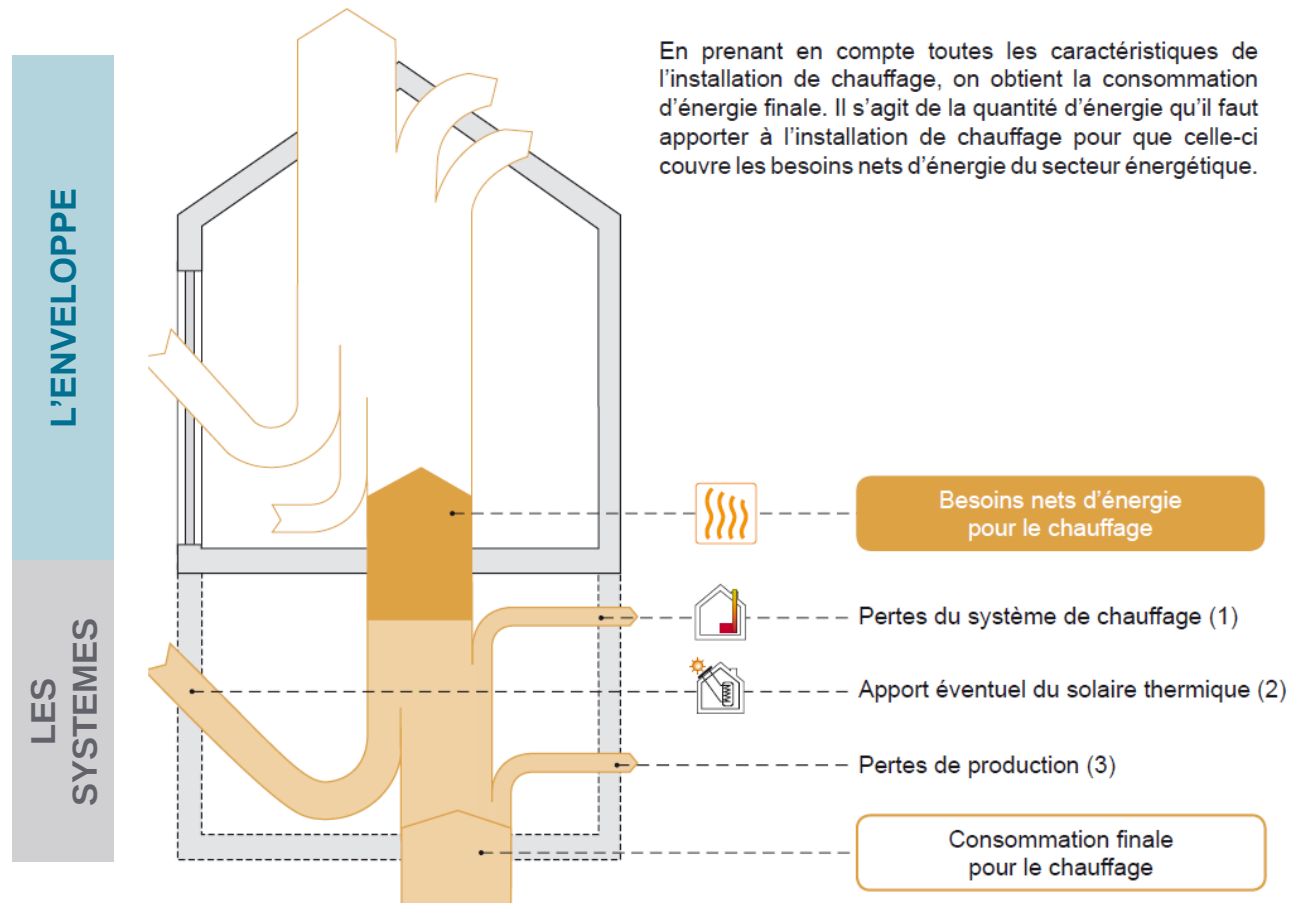
Besoin de chauffage

- ▶ Le **besoin** de chauffage représente la quantité d'énergie thermique nécessaire pour maintenir une température intérieure confortable durant une période donnée
- ▶ **kWh/an** ou **kWh/m².an**
- ▶ Facteurs d'influence
 - Isolation thermique
 - Climat extérieur
 - Occupation du bâtiment
- ▶ Méthode de calcul statique
 - PEB
 - PHPP



Consommation d'énergie

- Quantité d'énergie qu'il faut apporter à l'installation de chauffage pour que celle-ci couvre les besoins nets d'énergie



Besoins VS Puissance

- Energie fournie pour couvrir les besoins [kWh]
= puissance [kW] x temps [h]



A diagram illustrating the calculation of energy consumption. It features a light bulb icon labeled '60W' and a clock icon labeled '1h'. These are separated by a multiplication sign 'x'. Below the light bulb is a horizontal line, and below that line is the number '1 000'. To the right of the clock is an equals sign followed by '0,06 kWh'.

$$\frac{60\text{W} \times 1\text{h}}{1\,000} = 0,06\text{ kWh}$$



A diagram illustrating the calculation of monthly energy consumption. It features a light bulb icon labeled '0,06 kWh', a clock icon labeled '8h par jour', and a calendar icon labeled '30 j par mois'. These are separated by multiplication signs 'x'. To the right is an equals sign followed by '14,4 kWh par mois'.

$$0,06\text{ kWh} \times 8\text{ h par jour} \times 30\text{ j par mois} = 14,4\text{ kWh par mois}$$

Source: HydroQuébec



Définition

- ▶ La **puissance** de chauffage est la capacité maximale du système de chauffage à fournir de la chaleur à un **instant donné**
- ▶ **kW**
- ▶ Calcul de la **charge thermique** = toutes les déperditions calorifiques
 - Pertes par transmission
 - Pertes par ventilation
 - Pertes par in/exfiltrations
- Sans les apports solaires et internes (cas le plus défavorable)



Puissance totale

- ▶ Pour dimensionner le **producteur** de chaleur (centralisé)
- ▶ = toutes les pertes de chaleur à un instant t

Puissance par local

- ▶ Pour dimensionner les **émetteurs** de chaleur,
- ▶ = puissance de chauffage de ce local = puissance émetteur

Puissance de relance

- ▶ Chauffage discontinu (coupure nocturne, de week-end...) > la relance de l'installation demande une surpuissance
- ▶ **En résidentiel**, dans un bâtiment bien isolé et bien régulé, la puissance de relance n'est pas recommandée



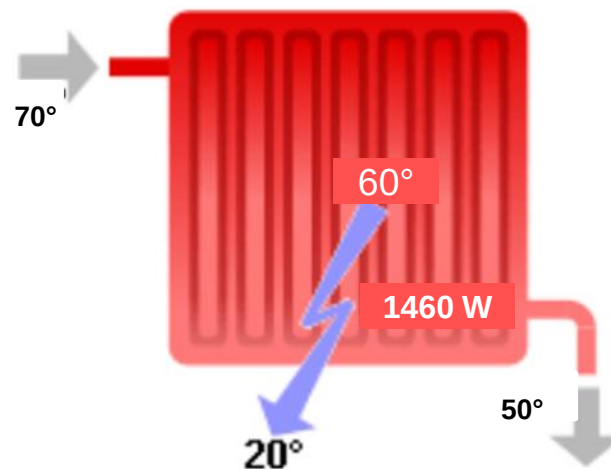
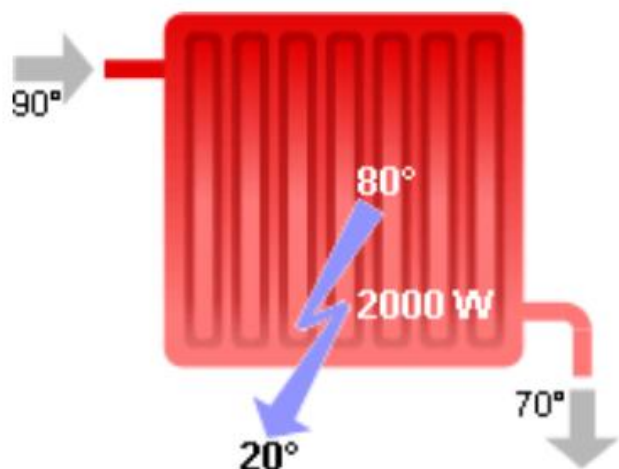
Pourquoi est-ce important d'estimer la puissance ?

- ▶ Assurer un **confort thermique** tout au long de la période de chauffe
- ▶ Garantir la **durabilité du système** (limiter les marches/arrêts)
- ▶ Limiter le **coût des travaux**
 - €/KW - surtout dans le cas d'une PAC
 - vérifier si la puissance des émetteurs existants est adéquate par rapport à la puissance de chauffage nécessaire dans la pièce



Régime de température

- ▶ Régime de température 90/70/20 signifie
 - température d'entrée = 90°C
 - température de sortie = 70°C
 - température de la pièce = 20°C
- ▶ **Plus le régime de température est élevé plus le radiateur est puissant**
 - Un changement de producteur peut entraîner un changement de régime et donc un changement de puissance du radiateur
 - Utilisation d'outil de calcul pour vérifier si la puissance du radiateur est supérieure ou égale à la puissance de chauffage de la pièce



Paramètres qui influencent la puissance de chauffage

- Pertes par transmission à travers les parois

$$\Phi_T = \sum A \cdot U \cdot \Delta T$$

La géométrie : surfaces

Compositions des parois/isolation

- Pertes par ventilation (renouvellement d'air volontaire)

Débits et système de ventilation

$$\Phi_v = q_v \cdot (\dots) \cdot \Delta T$$

$T^\circ \text{ ext} - T^\circ \text{ int}$

- Pertes par les fuites d'air (involontaires)

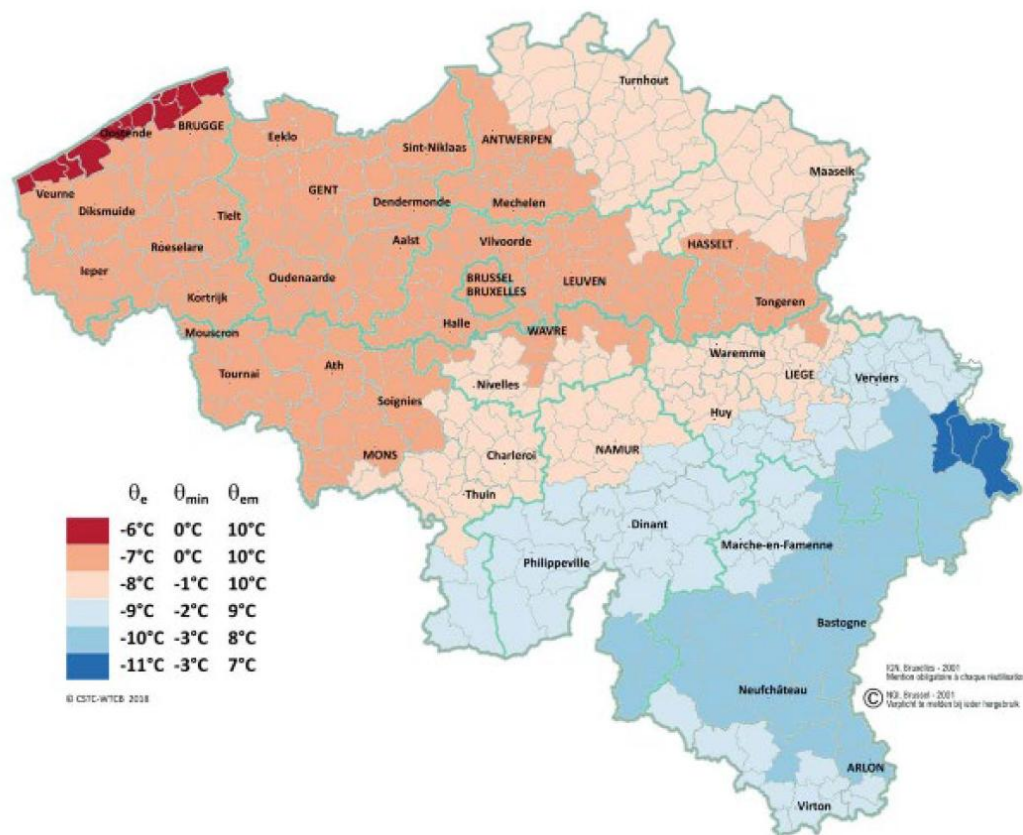
$$\Phi_F = f \cdot q_{50} \cdot (\dots) \Delta T$$

Étanchéité à l'air



Paramètres qui influencent la puissance de chauffage

- Température extérieure normalisée

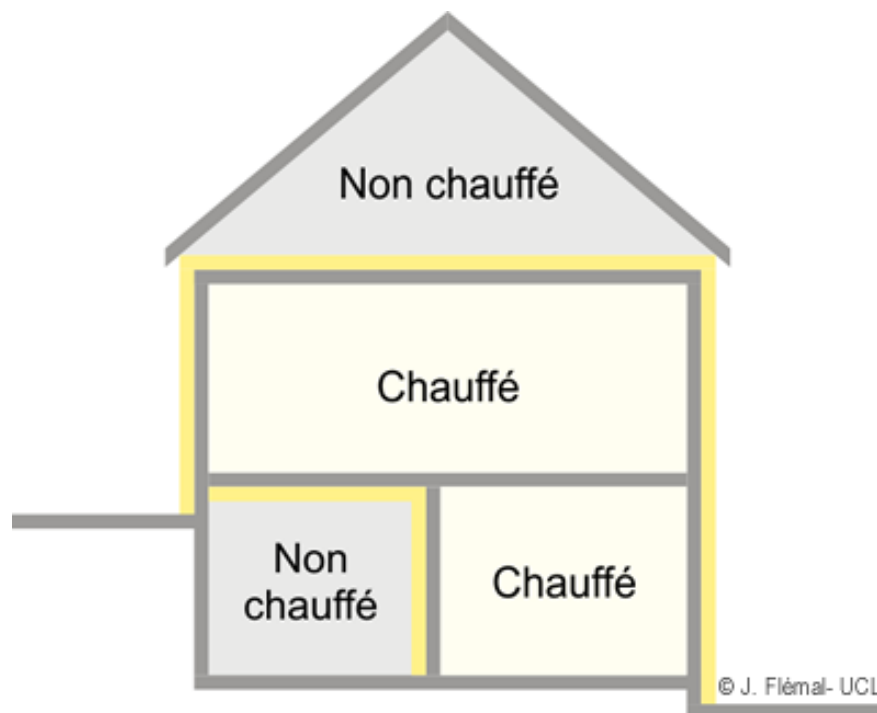


Source : Buildwise



Paramètres qui influencent la puissance de chauffage

- ▶ Géométrie et volume
 - **Volume protégé** sur base des dimensions extérieures
 - Le volume protégé d'un bâtiment est le volume qui est maintenu à une température contrôlée et qui bénéficie des conditions de confort thermique souhaitées



PRODUCTION

- ▶ Producteur à combustion
- ▶ Pompe à chaleur
- ▶ Solaire thermique
- ▶ Puissance de chauffage
- ▶ **Puissance ECS**

EMISSION

DISTRIBUTION

RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS



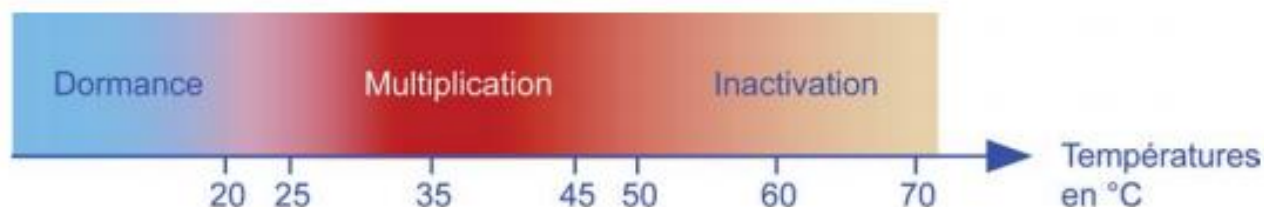
Définition du besoin

- L'eau chaude sanitaire doit être *produite* ou *présente* en quantité et à température suffisante pour satisfaire la demande

⇒ **C'est le principe de base pour garantir le confort**

- Exigences par rapport à l'hygiène (problématique des légionnelles)
 - Température de l'eau stockée
 - Stagnation

La température est un facteur essentiel conditionnant le développement des légionnelles



▲ Figure 13 : La croissance des légionnelles en fonction de la température. L'optimum de croissance se situe entre 25 et 45°C environ.

Source : guide installations d'eau chaude sanitaire, règles de l'art Grenelle Environnement 2012



Assurer une alimentation ECS confortable c'est fournir de l'eau

- ▶ A la température demandée
- ▶ A un débit suffisant
- ▶ En quantité suffisante (l/jour)
- ▶ Dans un délai raisonnable

Estimation des besoins en eau en résidentiel

- ▶ On détermine le volume journalier nécessaire sur base des points de puisage installés

	Evier	Lavabo	Bain	Douche
Température de puisage (NBN 345)	55°C	40°C	40°C	40°C
Débit de puisage (DIN 1988-300)	4,2 l/min	4,2 l/min	9 l/min	9 l/min
Durée moyenne du puisage (Recknagel)	5 min	1 à 3 min	15 à 20 min	6 min



Estimation des besoins en eau en résidentiel

- Pour faciliter les calculs, on convertit les volumes d'eau à une température quelconque en volume équivalents à 60°C

$$\Rightarrow V_{60} = V_x * (T_x - 10^{\circ}\text{C}) / (60 - 10^{\circ}\text{C})$$

	Evier	Lavabo	Bain	Douche
Température de puisage (NBN 345)	55°C	40°C	40°C	40°C
Débit de puisage (DIN 1988-300)	4,2 l/min	4,2 l/min	9 l/min	9 l/min
Durée moyenne du puisage (Recknagel)	5 min	1 à 3 min	15 à 20 min	6 min



Estimation des besoins en eau en résidentiel

- Pour faciliter les calculs, on convertit les volumes d'eau à une température quelconque en volume équivalents à 60°C

$$\Rightarrow V_{60} = V_x * (T_x - 10^{\circ}\text{C}) / (60 - 10^{\circ}\text{C})$$

Etablissement	Caractéristiques	Besoins en litres à 60°C	
Villa familiale	standard simple	par personne et par jour	35
Appartement	standard moyen	par personne et par jour	40
Immeuble d'appartements en location	–	par personne et par jour	35

Source : energie+



Production ECS combinée au chauffage ou séparée?

- Evolution des puissances requises pour la production de chaleur

Maison ancienne

Maison neuve ou rénovée



Appareil
Combi



?

80-120 W/m²

Dépend des puisages
Min 25 kW (instant.)

10-40 W/m²

Dépend des puisages
Min 25 kW (instant.)

- Contrainte de choix : puissance, espace disponible, investissement, etc



Production ECS combinée au chauffage ou séparée?

Production combinée

- + Coûts d'investissement et de maintenance potentiellement plus faibles
- Système de production de chaleur doit rester en service toute l'année (pertes à l'arrêt)
- En cas de production ECS instantanée, risque de surdimensionnement pour produire l'ECS
- Régimes de température différents si chauffage basse température
- Risque d'interférence entre l'ECS et le chauffage

Production indépendante

- + Possibilité d'utiliser des vecteurs énergétiques différents
- + Conception optimisée
- Coûts d'investissement et de maintenance potentiellement plus élevés
- Encombrement potentiellement plus important



Production ECS centralisée ou non?

Installation centralisée

- + Coût d'installation plus faible
- + Coût de maintenance inférieur
- + Encombrement plus faible
- + Rendement de production plus élevé
- + Puissance et volume moindre (simultanéité des besoins)
- Rendement de distribution moins bon

Installation décentralisée

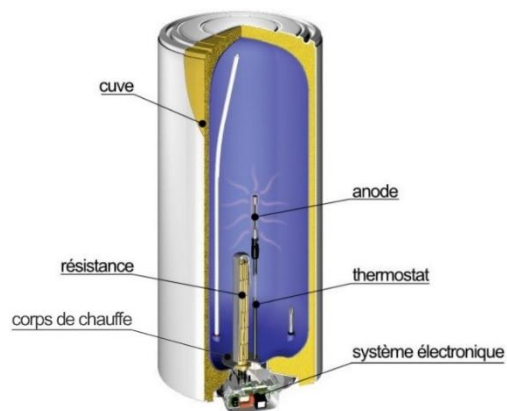
- + Rendement de distribution plus élevé
- + Temps d'attente plus court (confort ↑ consommations d'eau ↓)
- Puissance installée maximale
- Multitude d'appareils installés
 - coûts d'installation ↑
 - coûts de maintenance ↑
 - Ressources (énergie grise) ↑



Typologies

Accumulation

Demande par pointe



Ballon électrique

Semi-accumulation

Plusieurs pointes journalières
Durée de réchauffage 1-1h30

Semi-instantané

Plusieurs pointes journalières
Durée de réchauffage 20-30 min



**Chaudière gaz
avec ballon intégré**

Source: Viessmann

Instantané

Demande continue



**Chauffe-eau
instantané**

Source : Junkers



**Echangeur
à plaque**

Source : Energie +

PUISSANCE

VOLUME UTILE



Comment choisir le mode de préparation ?

- ▶ Production instantanée
 - + Faible encombrement
 - + Absence de pertes par stockage
 - + Bonne performance hygiénique
 - Puissance élevée du générateur et des circulateurs
 - Fluctuation de la température de l'eau
 - Fonctionnement du brûleur en cycle court (rendement plus faible)
 - Risque d'interférence avec le chauffage (si production combinée)

⇒ **Nécessite une puissance élevée**

- ▶ Puissance à prévoir en kW

⇒ **$P \text{ [kW]} = Q \text{ [m}^3/\text{h]} \times c \times (\theta_c - \theta_f)$** **avec $c = 1,16 \text{ kWh / (m}^3\text{K)}$**



Comment choisir le mode de préparation ?

- ▶ Préparation par accumulation

- + Temps de réponse très court
- + Température de l'eau stable
- + Puissance des appareils plus faible
- + Bonne performance du producteur
- Perte de stockage
- Encombrement plus important

⇒ **Nécessite une période de « calme » pour recharger le volume de stockage**

- ▶ Puissance à prévoir en kW

⇒ **$P \text{ [kW]} = V \text{ [m}^3\text{]} / T \text{ [h]} \times c \times (\theta_c - \theta_f)$ avec $c = 1,16 \text{ kWh / (m}^3\text{K)}$**

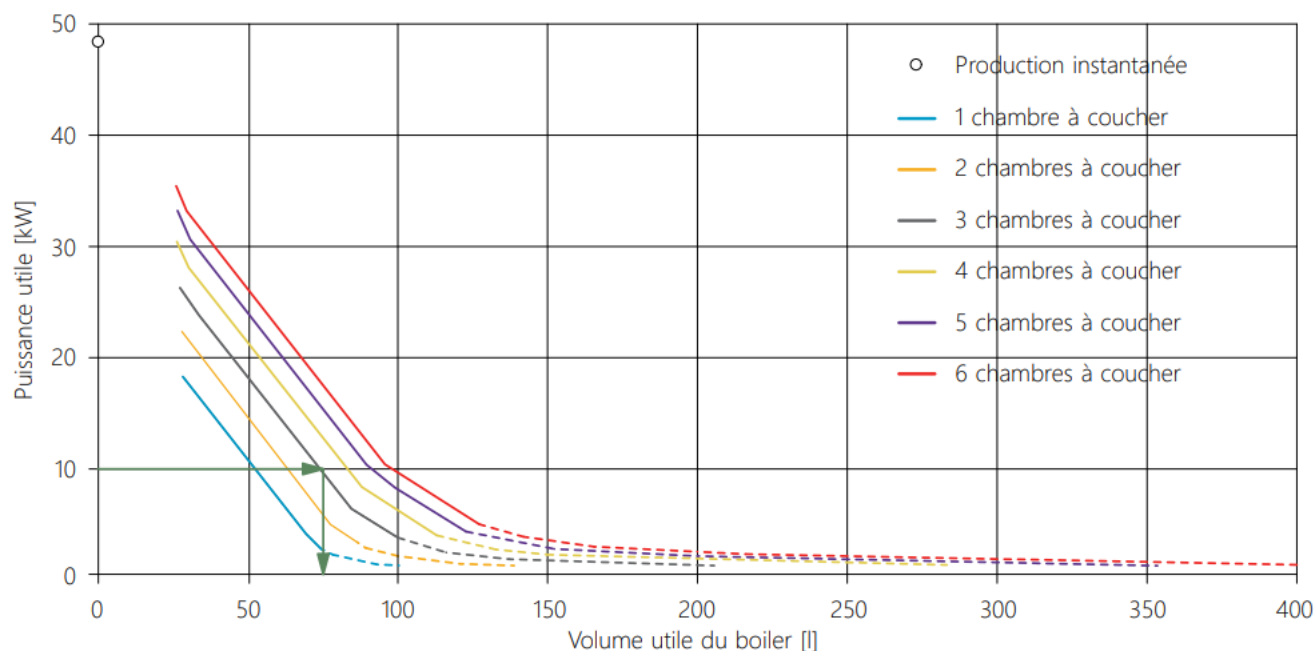


Lien entre puissance et volume

- Courbes PV en logement unifamilial



- Pour une seule salle de bain



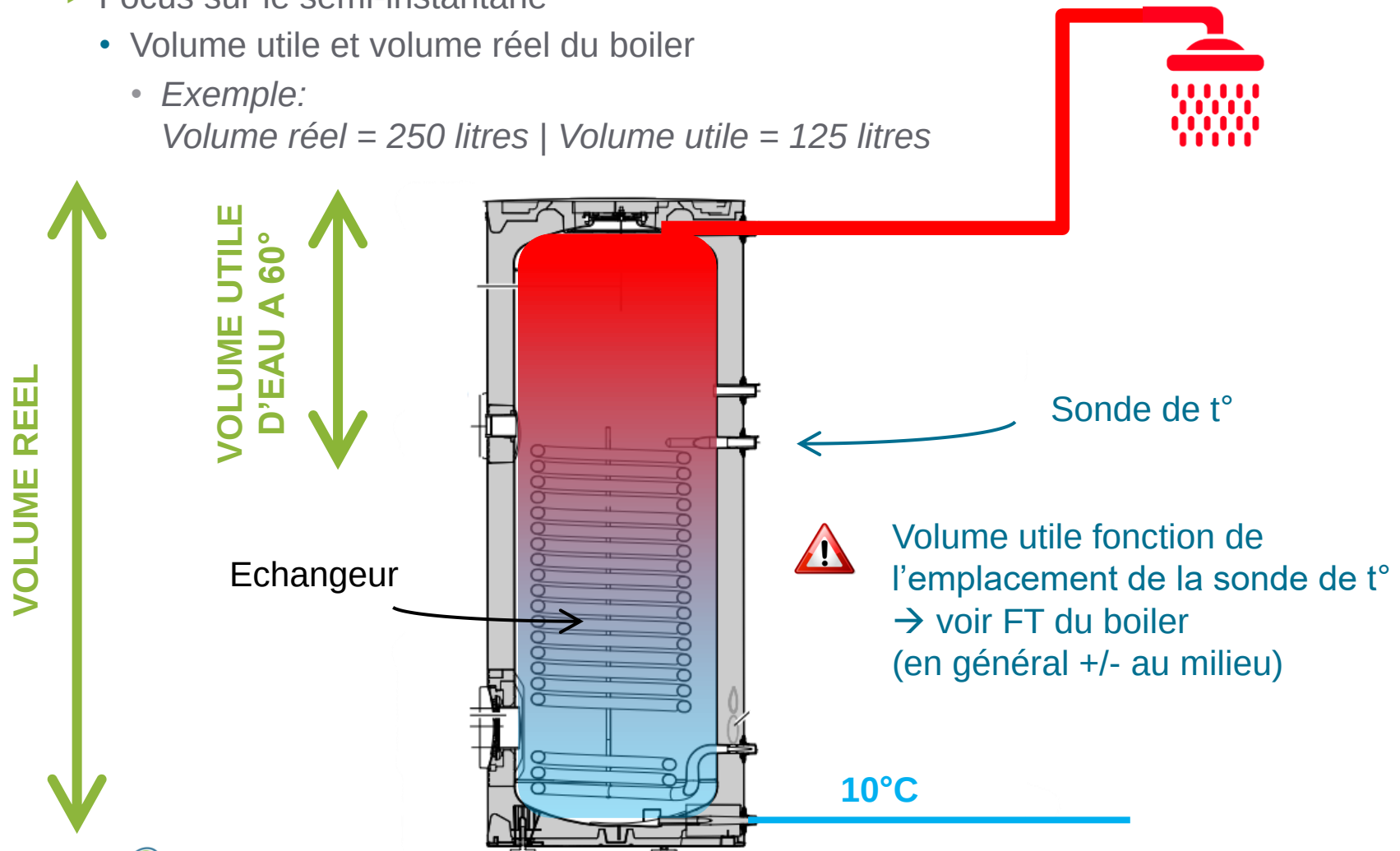
Courbes PV (puissance-volume) pour une habitation unifamiliale équipée d'une seule salle de bain et pour de l'eau à 60 °C.

Source : Buildwise



Lien entre puissance et volume

- Focus sur le semi-instantané
 - Volume utile et volume réel du boiler
 - Exemple:
Volume réel = 250 litres | Volume utile = 125 litres



PRODUCTION

EMISSION

- ▶ **Modes d'émission**
- ▶ Types d'émetteurs
- ▶ Critères de choix

DISTRIBUTION

RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS



Principe de l'émission de chaleur

Mouvement dans un gaz ou un liquide, causé par des différences de température. Ce mouvement transfère la chaleur dans le gaz/le liquide.



Convection



Conduction



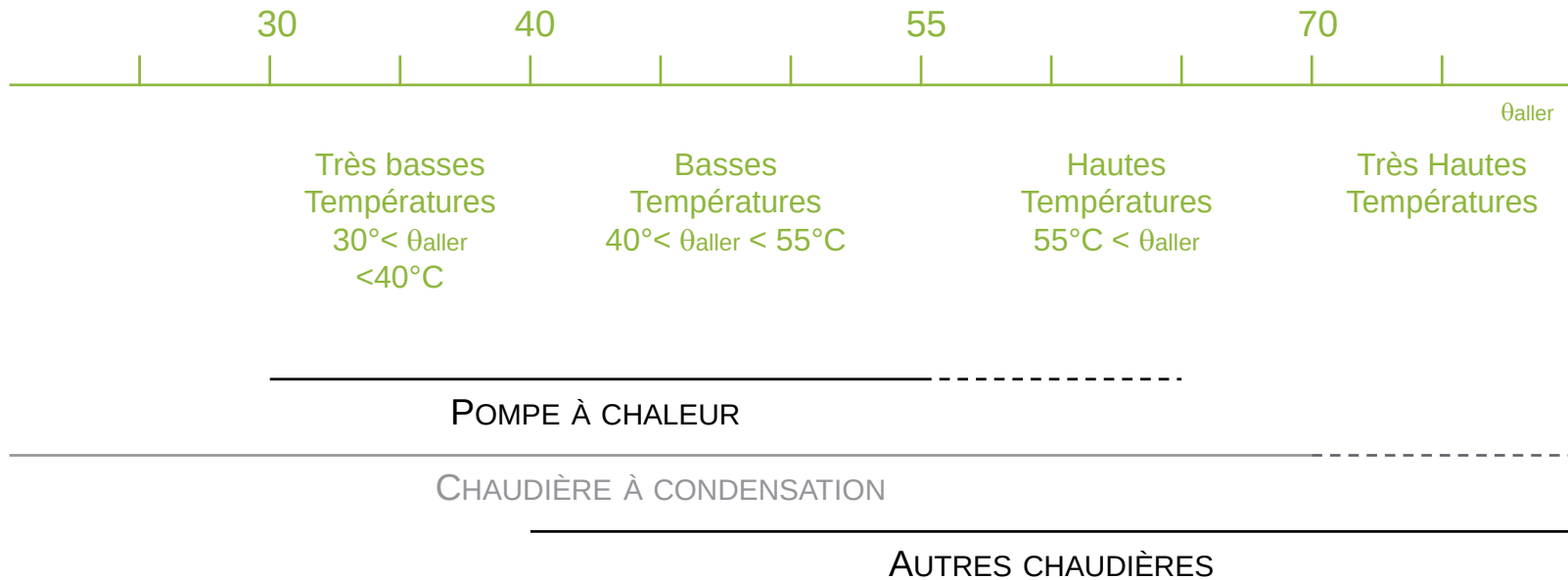
Rayonnement

Transfert de chaleur entre des matériaux ou objets en contact direct les uns avec les autres.

Transfert d'énergie par ondes électromagnétiques (p.ex. IR)
Ne nécessite pas de matière



RÉGIME DE TEMPÉRATURE



PRODUCTION

ECS

EMISSION

- Modes d'émission
- **Types d'émetteurs**
- Critères de choix

DISTRIBUTION

RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS



Principe

- ▶ Emission de chaleur par rayonnement et convection (% variable selon géométrie / ailettes)
- ▶ Régulation aisée (vanne thermostatique)
- ▶ Réactivité et dynamique thermique (inertie)



Source : Radson



Caractéristiques

- Mode d'émission

Selon le modèle, l'emplacement, le régime de température...

CONVECTION

RAYONNEMENT

- Fluide : eau

- Inertie :

INERTIE FAIBLE

INERTIE
IMPORTANTE

- Plage de température

TRÈS BASSE
TEMPÉRATURE

BASSE
TEMPÉRATURE

HAUTE
TEMPÉRATURE

Avec convection forcée



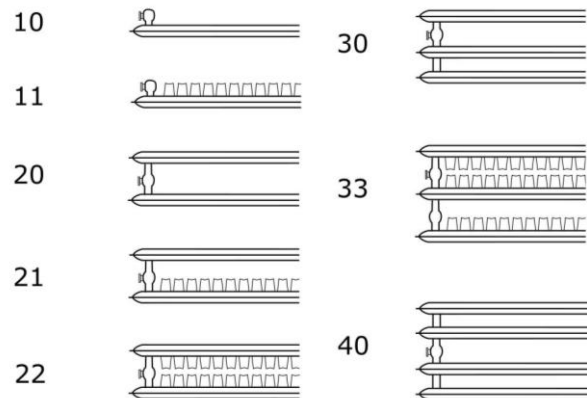
Typologies et vocabulaire

Radiateur à panneaux



Nombre de panneaux

Nombre de rangées d'ailettes



Radiateur à lamelles verticales



Radiateur tubulaire en fonte



Radiateur en aluminium



Dimensionnement

- ▶ Puissance d'émission dépend de :
 - La taille, la type et le matériau du radiateur
 - La température moyenne de l'eau en circulation
 - Le débit d'eau en circulation
 - La température de l'environnement
 - L'emplacement du radiateur (présence de tablette, de niche ...)
- ⇒ **Les fabricants fournissent des tables de dimensionnement à un régime de température donné**



Influence du régime de température sur la puissance

- Analyse de fiche technique
 - Différents régimes de température :
 - 90/70/20
 - **75/65/20 – émission normalisée**
 - ...

⇒ **Tables de correction qui tiennent compte du régime de température**

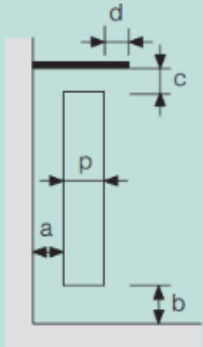
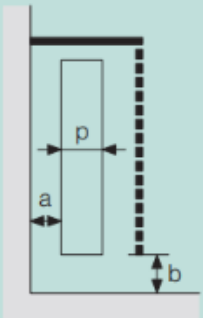
Source / Bron : Radson

AT	OT	RT	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
75	24	5,90	3,07	2,32	1,92	1,66	1,47	1,32	1,21	1,12	1,04				
	22	3,92	2,61	2,07	1,75	1,53	1,37	1,24	1,14	1,05	0,98				
	20	3,10	2,28	1,87	1,61	1,42	1,28	1,17	1,08	1,00	0,94				
	18	2,61	2,03	1,70	1,48	1,32	1,20	1,10	1,02	0,95	0,89				
	15	2,12	1,75	1,50	1,33	1,20	1,10	1,01	0,94	0,88	0,83				
	12	1,80	1,53	1,34	1,21	1,10	1,01	0,94	0,88	0,82	0,78				
70	24	6,54	3,36	2,52	2,08	1,79	1,58	1,42	1,30	1,19					
	22	4,30	2,84	2,24	1,89	1,64	1,47	1,33	1,22	1,13					
	20	3,38	2,47	2,01	1,73	1,52	1,37	1,25	1,15	1,07					
	18	2,82	2,19	1,83	1,59	1,42	1,28	1,17	1,08	1,01					
	15	2,28	1,87	1,61	1,42	1,28	1,17	1,08	1,00	0,94					
	12	1,93	1,63	1,43	1,28	1,16	1,07	0,99	0,93	0,87					
65	24	7,32	3,70	2,76	2,27	1,94	1,71	1,54	1,40						
	22	4,75	3,11	2,44	2,05	1,78	1,58	1,43	1,31						
	20	3,70	2,69	2,19	1,87	1,64	1,47	1,34	1,23						
	18	3,07	2,37	1,98	1,71	1,52	1,37	1,26	1,16						
	15	2,47	2,01	1,73	1,52	1,37	1,25	1,15	1,07						
	12	2,07	1,75	1,53	1,37	1,24	1,14	1,05	0,98						
60	24	8,32	4,13	3,06	2,50	2,13	1,87	1,68							
	22	5,32	3,44	2,69	2,24	1,94	1,73	1,56							
	20	4,10	2,96	2,39	2,03	1,78	1,60	1,45							
	18	3,38	2,59	2,15	1,86	1,65	1,48	1,35							
	15	2,69	2,19	1,87	1,64	1,47	1,34	1,23							
	12	2,24	1,89	1,64	1,47	1,33	1,22	1,13							
55	24	9,62	4,67	3,43	2,78	2,37	2,07								
	22	6,03	3,87	2,99	2,48	2,15	1,90								
	20	4,60	3,29	2,64	2,24	1,96	1,75								
	18	3,75	2,86	2,36	2,03	1,80	1,62								
	15	2,96	2,39	2,03	1,78	1,60	1,45								
	12	2,44	2,05	1,78	1,58	1,43	1,31								

valeur-N approximative = 1,30
 AT : température de départ (°C)
 OT : température ambiante (°C)
 RT : température de retour (°C)



Influence de l'emplacement sur la puissance

Emplacement du radiateur (*)	Exigences dimensionnelles	Conditions relatives à c	Facteur de correction f (-)
	Sous tablette ou en niche	$c > 12 \text{ cm}$	$f = 1$
		$6 \leq c \leq 12 \text{ cm}$	$f = 0,97$
		$4 < c < 6 \text{ cm}$	$f = 0,95$
	- Sous tablette ou en niche - Caché par un grillage à larges mailles	$a \geq 5 \text{ cm}$ $b \geq 10 \text{ cm}$	Pas d'exigences $f = 0,70$

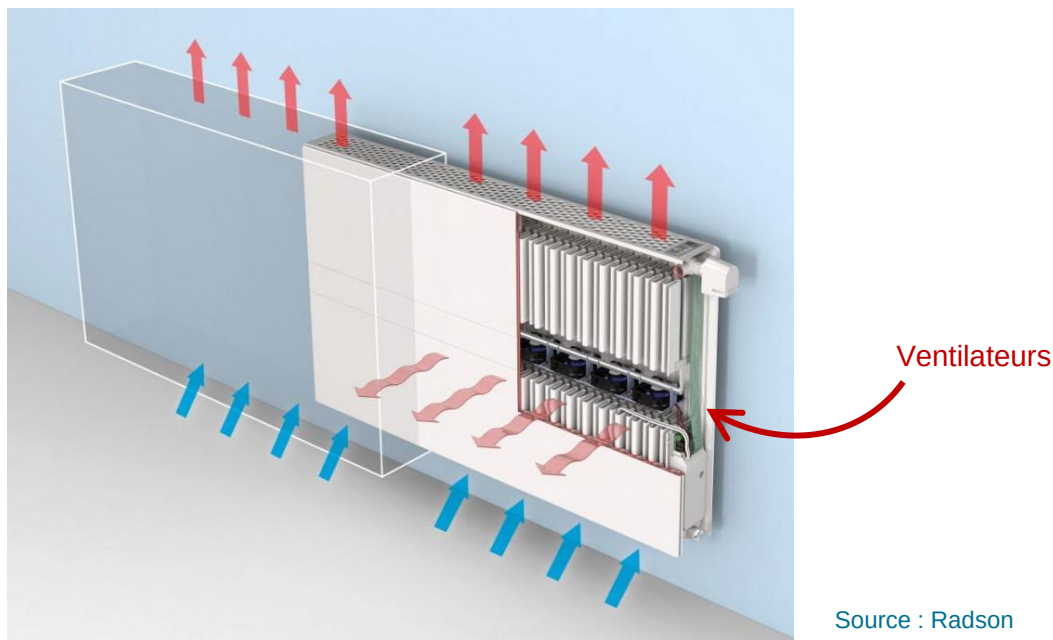
Source / Bron : Buildwise, Rapport 14

⇒ **Tables de correction disponibles pour toutes les configurations!**
Pour en savoir plus: Buildwise – Rapport 14



Optimisation en (très) basse t°

- Forcer la convection
 - Radiateurs spécifiques « ultra basse t° »
 - Rayonnement + convection forcée (intégration de ventilateurs)
 - Raccordement électrique
 - Niveau sonore des ventilateurs fonction de la vitesse de rotation

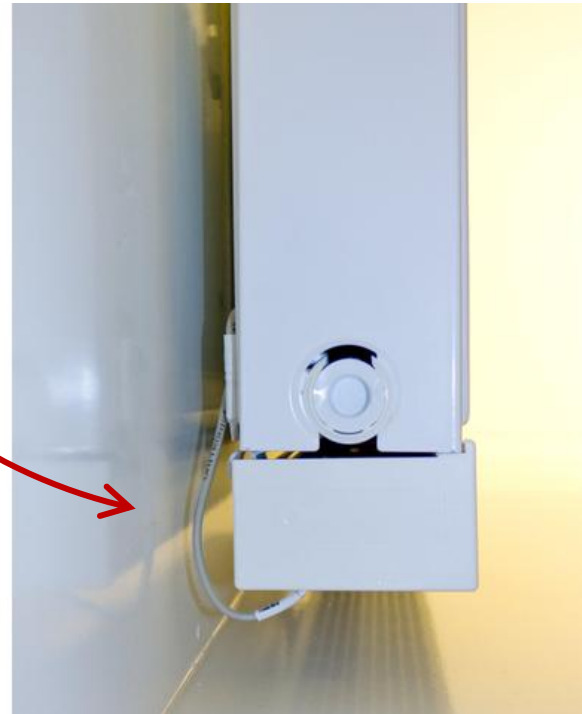
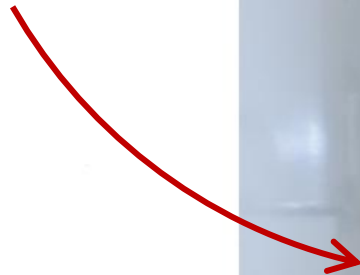


Source : Radson



Optimisation en (très) basse t°

- ▶ Forcer la convection
 - Ajout de ventilateurs « booster » sur radiateurs existants



Source : ClimateBooster



Points d'attention pour le réemploi

- ▶ Evaluer la puissance [W], suivant le régime de t° projeté. Vérifier si celle-ci est adaptée aux nouveaux besoins du projet.
- ▶ L'émetteur est-il compatible avec le système de production ?
- ▶ L'émetteur est-il en bon état de fonctionnement?
 - Quel type de peinture?
 - Présence de rouille?
 - Fuite d'eau?
 - Vanne thermostatique? Fonctionnelle?
 - Présence de boues dans le radiateur?

⇒ **Pour en savoir plus:**
Materiauteek – Déconstruction circulaire
Opalis – Fiche matériau

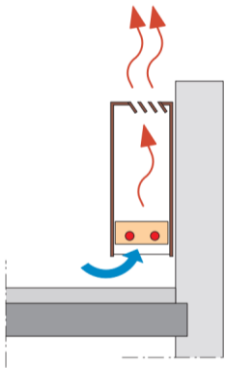


Principe

- ▶ Convection naturelle au travers d'une batterie à eau chaude :
L'air froid entre par le bas, se réchauffe et sort par le haut ou le côté.
- ▶ Diffusion de la chaleur par convection naturelle (95%) + rayonnement (5%)

Caractéristiques

- ▶ Nombreuses possibilités de montage (mural ou en caniveau)
- ⇒ **Attention aux prescriptions du fabricant !**
- ▶ Nécessite une haute température pour favoriser la convection naturelle
- ▶ Volume / puissance important
- ▶ Faible taux d'émission



Source : Buildwise, Rapport 14

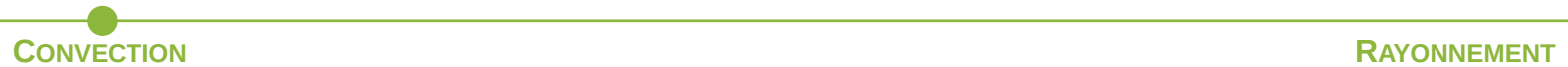


Source : Jaga

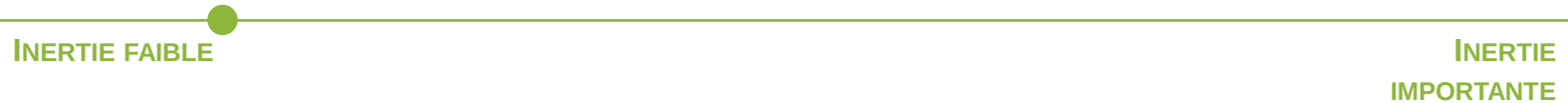


Caractéristiques

- Mode d'émission



- Fluide : eau
- Inertie



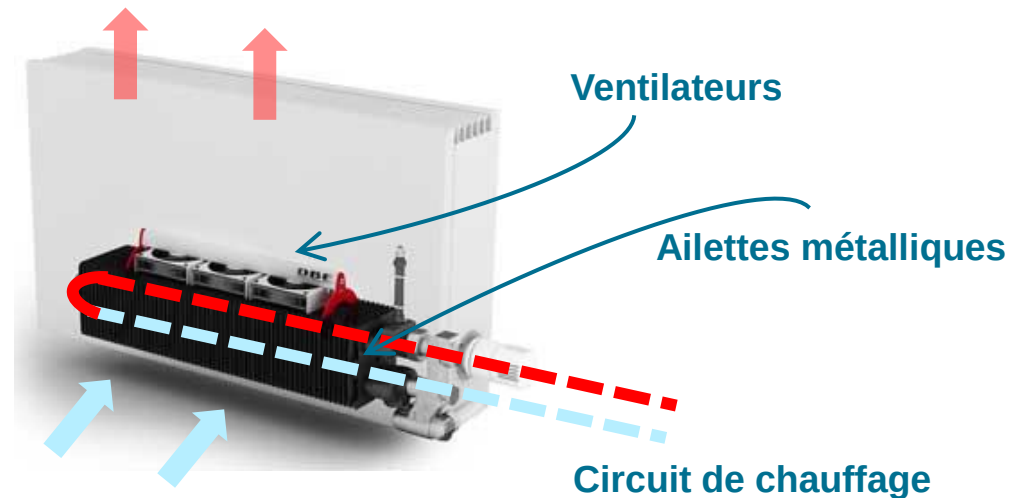
- Plage de température



Principe

- Circulation forcée de l'air au travers de la batterie à eau à l'aide d'un ventilateur
 - Permet de réduire la taille ou la température de fonctionnement !

Avantages	Inconvénients
- Puissance augmentée (généralement 3 vitesses) - Réactivité accrue - Emission de chaud et de froid - Possibilités d'intégration diverses (en apparent, en allège, dans faux-plafonds, encastré au sol,...) - Possibilité de gainage pour pulsion de l'air hygiénique - Possibilité d'utilisation devant des parois froides (barrière de chaleur)	- Consommation électrique des ventilateurs - Bruit des ventilateurs (niveau sonore de 35 à 65 dB en fonction de la vétusté) - Plus faible durée de vie

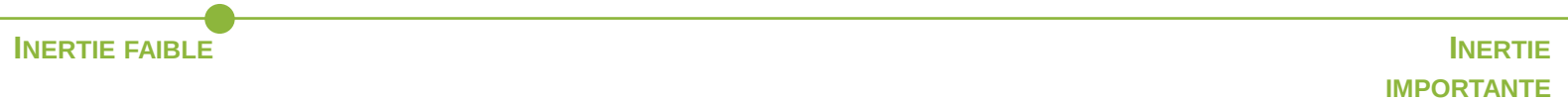


Caractéristiques

- Mode d'émission



- Fluide : eau / fluide calorifique
- Inertie



- Plage de température



Typologies

► Nombreuses possibilités d'intégration (suivre recommandations fabricant):

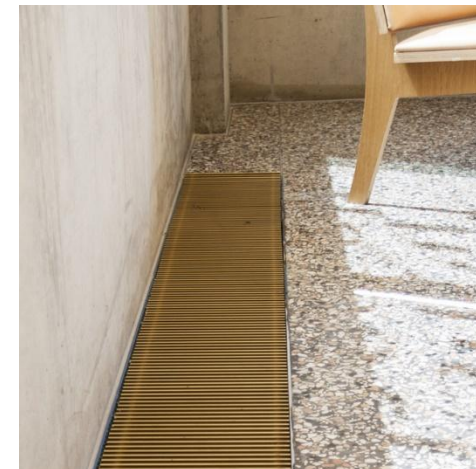
- Mural
 - Apparent
 - Intégré



Source : Vaillant



- Sol
 - Apparent
 - Intégré



Source : Jaga



Dimensionnement

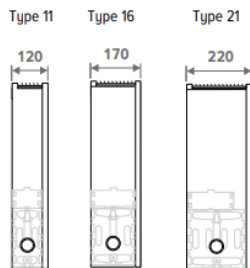
- ▶ Puissance d'émission dépend
 - Des dimensions du convecteur (hauteur, largeur, profondeur)
 - Du nombre de tubes et d'ailettes
 - La température moyenne de l'eau en circulation
 - Le débit d'eau en circulation
 - La vitesse de l'air (vitesse du ventilateur)
- ⇒ **Les fabricants fournissent des tables de dimensionnement (puissance selon dimensions et vitesses) à un régime de température donné**



Analyse de fiche technique

Hauteur	Longueur	Type	Vitesse	CHAUFFER				LIGHT COOLING		Niveau de pression acoustique dB(A)	Puissance électrique absorbée [Wattss]
				75/65/20	55/45/20	45/35/20	35/30/20	16/18/27	50% R.V.		
[cm]	[cm]			[Wattss]	[Wattss]	[Wattss]	[Wattss]	[Wattss]			
065	060	16	Tous								
065	060	16	1	1400	793	501	301	198		26.0	4.8
065	060	16	2	1503	851	538	323	213		30.0	5.5
065	060	16	3	1989	1126	712	428	282		41.1	7.2

STRADA HYBRID



Longueur [cm]	Puissance de chauffer [W]	Débit d'eau [kg/h]	Perte de charge [kPa]	Puissance de refroidir [W]**	Débit d'eau [kg/h]	Perte de charge [kPa]	Pression sonore [dB(A)]****	Puissance sonore [dB(A)]****	Puissance absorbée elec. [W]	Volume d'eau [l]
Strada Hybrid MM, Hauteur 65cm, Type 16										
60	1503	129	0,24	213	92	0,12	30,0	38,0	5,5	1,2



Acoustique

- Niveau de puissance acoustique $\neq$ Niveau de pression acoustique

Niveau de puissance acoustique

L_w dB
 L_{wA} dB(A)



- Calculé en laboratoire
- Caractérise l'équipement intrinsèquement
- Est la base de tout calcul
- **Est la base de toute comparaison**

Niveau de pression acoustique

L_p dB
 L_{pA} dB(A)



- Mesuré au sonomètre
- Valeur sur fiche technique
 L_p (à 1m, 3m, 5m ou 10m) noté « $L_{p@3m}$ ».
- Caractérise l'équipement **dans son environnement** (position, distance, local...)
- Grandeur exprimant les exigences régionales

→ **Le même équipement a des niveaux de pression sonore différents selon la distance et la position**

Acoustique

- Exigences en logement
 - Bruit d'équipement stationnaire
 - NBN S01-400-1:2022 Critères acoustiques pour les immeubles d'habitation

Tableau 4 - Critères relatifs au bruit des installations techniques provenant de canalisations ou d'installations internes ou appartenant au logement

Nature du bruit de l'installation technique	Local de mesure à l'intérieur du logement	Classe A $L_{Aeq,nT}$	Classe B $L_{Aeq,nT}$	Classe C $L_{Aeq,nT}$
bruit d'installation de longue durée non émanant des appareils de ventilation / bruit d'installation de longue durée émanant des appareils de ventilation pour une ventilation hygiénique	chambre à coucher, bureau	≤ 25 dB		≤ 28 dB
	séjour, salle à manger, cuisine	≤ 29 dB		≤ 32 dB
	salle de bain, WC	≤ 32 dB		≤ 35 dB
	local technique	≤ 58 dB		≤ 62 dB

Source : NBN S01-400-1:2022



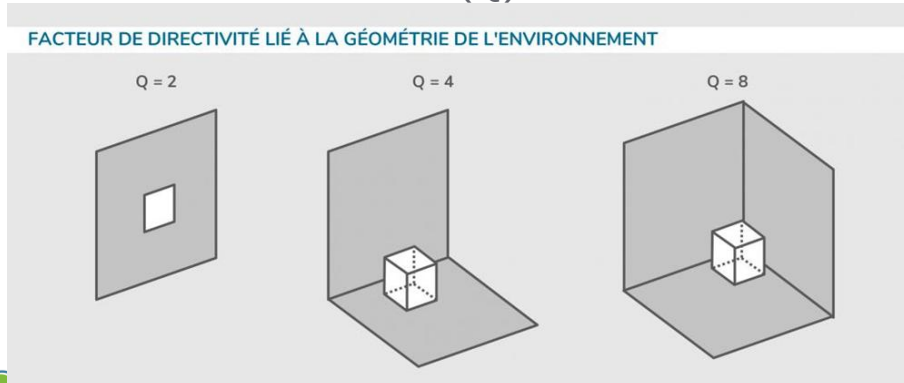
Acoustique

- Exigences en logement
 - Estimation du niveau de pression sonore

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi R^2} + \frac{4}{A} \right)$$

Pression sonore (dB) à une distance r → L_p
 Puissance sonore (dB) → L_w
 Facteur de directivité → Q
 Distance (m) → R
 Surface d'absorption équiv. pondérée du local → A

- La proximité de surface(s) réfléchissante(s) modifie le facteur de directivité (Q) de la source

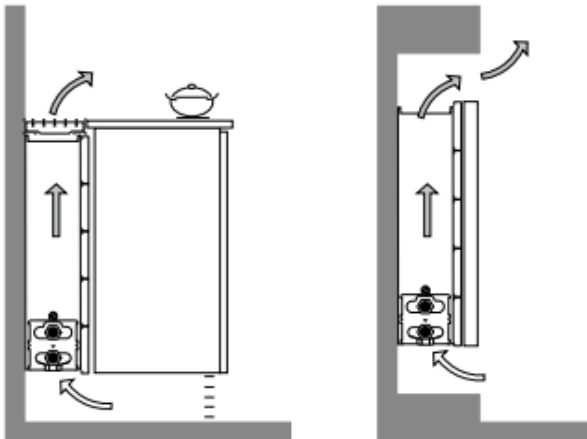


Source image: guide bâtiment durable.brussels



Influence de l'emplacement sur la puissance

- V-C encastré
 - Réduit l'efficacité du V-C → Surdimensionnement
 - Fausse la mesure de t° → Vanne thermostatique déportée



DIRECTIVES D'INSTALLATION

Mettez les caissons de telle sorte que l'échangeur de chaleur reste accessible pour un nettoyage annuel.

Les puissances indiquées sont basées sur un passage d'air de 75%. Si le passage libre est réduit, il convient d'appliquer un coefficient de correction.

% Passage d'air	Coefficient de correction
75	1.00
60	0.96
50	0.92
40	0.84
30	0.66

Source : Jaga



Source : IMI



Principe

- ▶ Principe de fonctionnement
 - L'eau traverse des tuyaux synthétiques intégrés à la paroi
 - > *Existe aussi en version électrique*
 - La paroi emmagasine la chaleur et la restitue

Caractéristiques

- ▶ Chauffage par rayonnement
- ▶ Emetteurs de grande surface : murs, sols, plafonds
- ▶ Possibilité de travailler en très basse température
- ▶ Emetteurs invisibles
- ▶ Température ambiante moins élevée pour un même niveau de confort



Caractéristiques

- Mode d'émission



- Fluide : eau
- Inertie

Selon la composition de la paroi, la position des tuyaux, ...



- Plage de température



Caractéristiques

- Chauffage sol (sec / humide)
 - Emission maximale : 100 W/m² [175]
 - Température de surface maximale : 29°C [35°C]

Typologies et vocabulaire

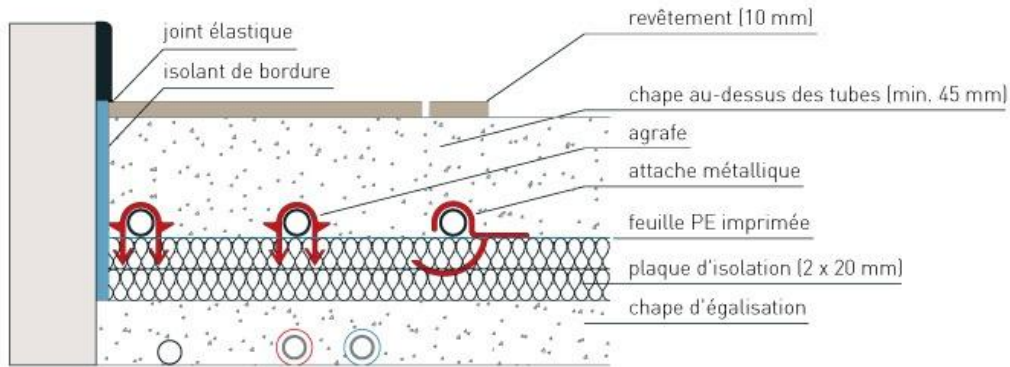
	Avantages	Inconvénients
Systèmes noyés	Moins chers	Plus épais Peu applicables à la rénovation Régulation moins réactive aux apports solaires, variabilité d'occupation (forte inertie).
Systèmes secs	Faible épaisseur et poids (plus adapté à la rénovation et aux structures légères) Fonctionnements à plus basse température grâce à une meilleure <u>conduction</u> de chaleur Régulation plus réactive (faible inertie)	Plus chers

Source : Guide Bâtiment Durable

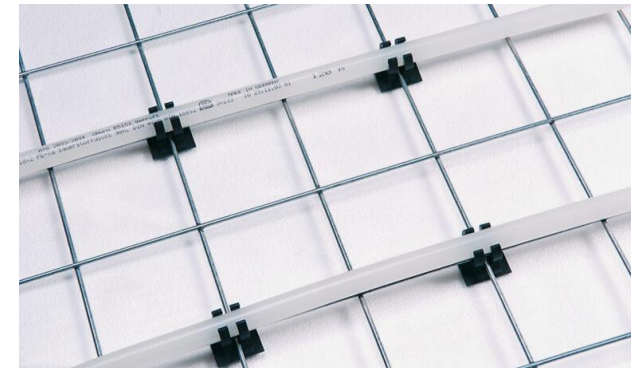
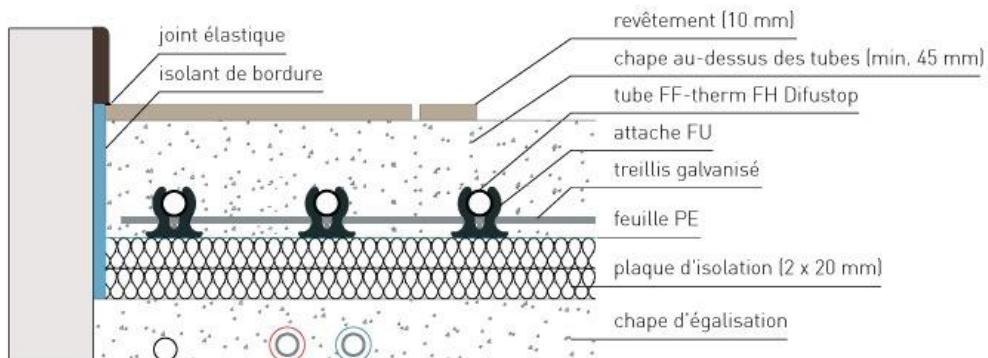


Typologies et vocabulaire

- Systèmes « noyés »
 - Système de pose « à tacker »



- Système de pose sur treillis

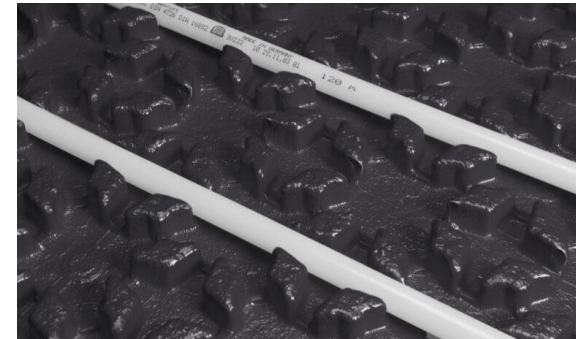
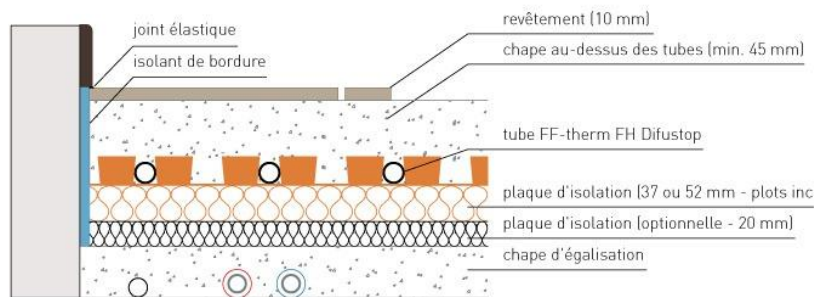


Source : Begetube

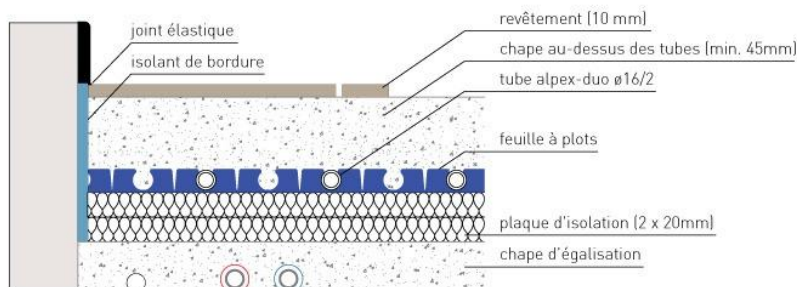


Typologies et vocabulaire

- Systèmes « noyés »
 - Système de pose sur plaques préformées



- Systèmes de pose avec feuille à plots

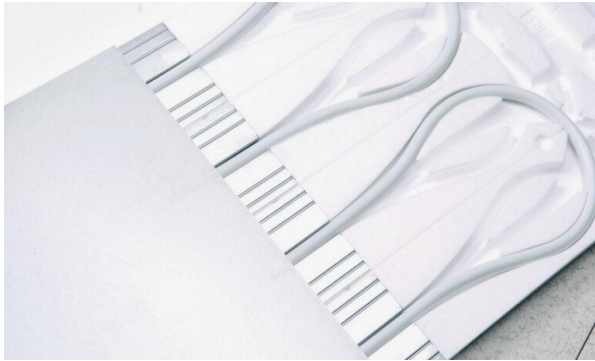


Source : Begetube

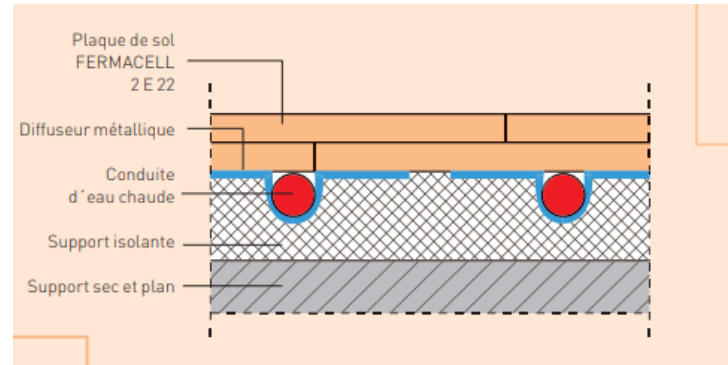


Typologies et vocabulaire

- Systèmes « secs »
 - Plaques (isolantes) pré-rainurées



Source : Begetube



Source : Fermacell



Source : Fermacell

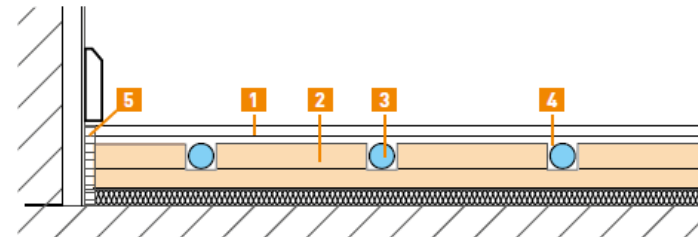


Typologies et vocabulaire

- Système par rainurage
 - En chape sèche ou humide

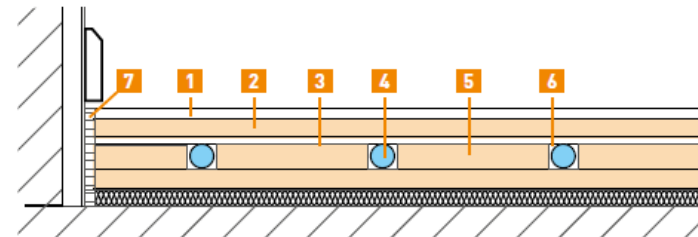


Source : Vasco



- 1 Finition de sol
- 2 Plaque de sol fermacell® adaptée
- 3 Conduites de 14 mm

- 4 Enduit pour joints fermacell™ ou Colle flexible fermacell™
- 5 Bandes isolantes latérales fermacell™



- 1 Finition de sol
- 2 Plaque fibres-gypse fermacell® 10 mm
- 3 Colle flexible fermacell™
- 4 Conduites 14 mm

- 5 Plaque de sol fermacell® adaptée
- 6 Enduit pour joints fermacell™ ou Colle flexible fermacell™
- 7 Bandes isolantes latérales fermacell™

Source : Fermacell



Dimensionnement

- ▶ Puissance d'émission dépend de :
 - La température de départ de l'eau (max 45°C)
 - Le débit d'eau en circulation
 - La température de l'environnement
 - L'espacement des tubes (= le « pas », 5 à 20 cm)
 - La composition de la paroi (isolation, type de revêtement ...)



Influence du revêtement de sol sur la puissance

- Veiller à choisir un revêtement de sol dont $R \leq 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$

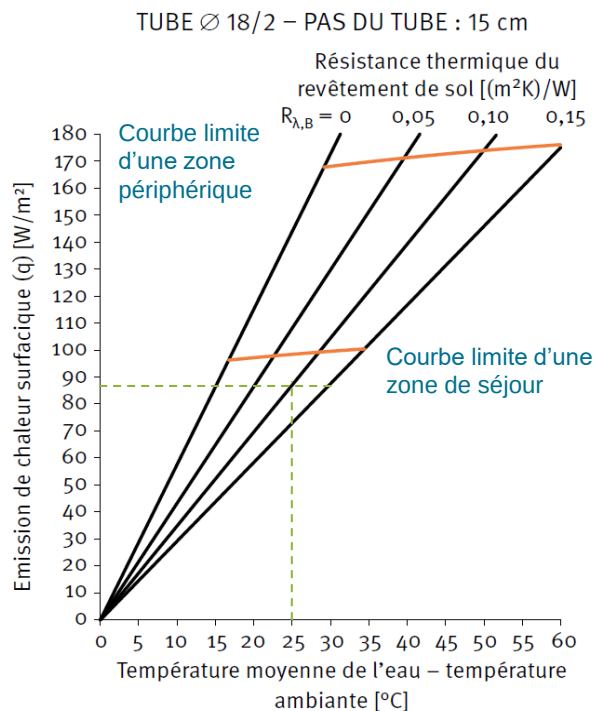


Tableau 3 Valeurs indicatives de la résistance thermique de différents revêtements de sol.

Revêtement de sol	Résistance thermique $R_{\lambda,B}$ (*)	
Sol non revêtu	0,00 ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
PVC, linoléum 2,5 mm	0,01 ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
Dallage en pierre bleue sur lit de mortier	0,02 ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
Carreaux de terre cuite sur lit de mortier	0,03 ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
Carreaux de terre cuite collés	0,01 ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
Parquet :	Bois résineux	Bois feuillus
– 8 à 10 mm	0,08 ($\text{m}^2\text{K/W}$)	0,06 ($\text{m}^2\text{K/W}$)
– 14 à 16 mm	0,12 ($\text{m}^2\text{K/W}$)	0,09 ($\text{m}^2\text{K/W}$)
– 18 à 22 mm	0,17 ($\text{m}^2\text{K/W}$)	0,11 ($\text{m}^2\text{K/W}$)
Moquette :		
– 5 mm	0,06 ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
– 6 à 8 mm	0,10 ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
– 10 à 12 mm	0,15 ($\text{m}^2\text{K/W}$)	
Tapis (pure laine) 10 à 12 mm	0,24 ($\text{m}^2\text{K/W}$)	

(*) Cette valeur n'inclut pas la résistance d'échange thermique superficielle, ni l'épaisseur de la chape au-dessus du tube; voir à ce sujet la formule (29) de la norme NBN EN 1264-2 [B2].

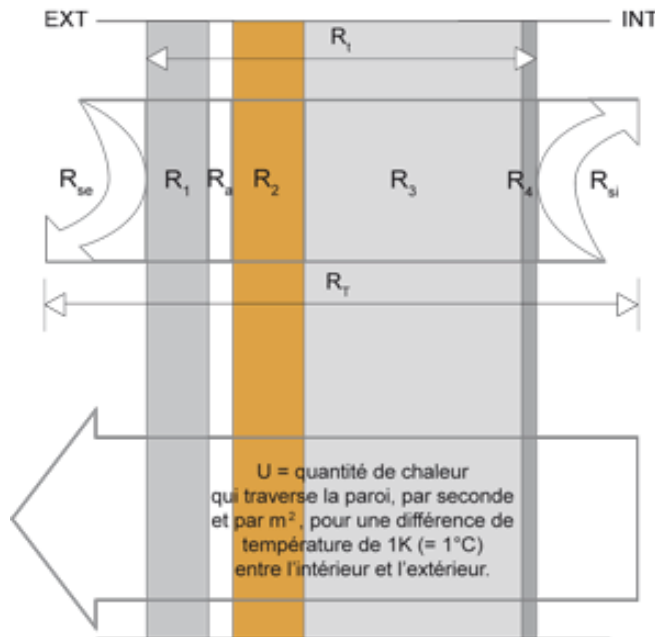
Source : Buildwise

L'impact du choix du revêtement de sol sur la puissance effective du système est loin d'être négligeable, et ce d'autant plus quand la t° d'émission est basse.



Influence de l'isolation du plancher sur la puissance

- ▶ Recommandations NBN EN 1264-4
 - Plancher sur terre-plein : $R > 1,25 \text{ m}^2/\text{K.W}$
 - Plancher au-dessus d'un local chauffé : $R > 0,75 \text{ m}^2/\text{K.W}$
 - Plancher au-dessus de l'environnement extérieur : $R > 2,0 \text{ m}^2/\text{K.W}$



$$R_T = R_{si} + R_1 + \dots + R_n + R_a + R_{se}$$

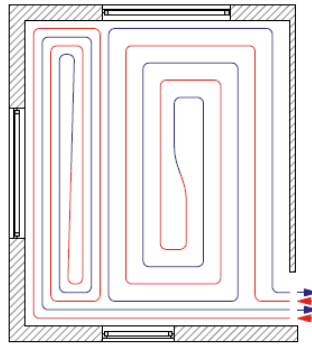
$$U = 1 / R_T$$

Source : energie.wallonie



Quelques règles de bonnes pratiques

- ▶ Une boucle par pièce minimum (régulation de température)
- ▶ Pas de mobilier fixe devant les surfaces chauffées (entrave à l'émission)
- ▶ Espacement des tubes peut être variable (plus serrés dans les zones périphériques)



- ▶ Le mode de pose a un impact sur l'uniformité de la température surfacique

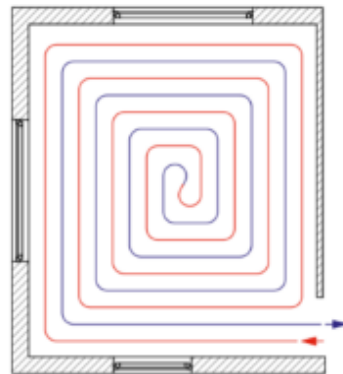


Fig. 2 Tracé en spirale.

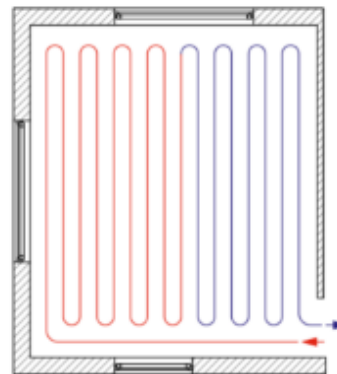


Fig. 3 Tracé parallèle.

Source / Bron : Buildwise, Rapport 18



Caractéristiques

- ▶ Chauffage mural
 - Emission maximale : 150 W/m²
 - Température de surface maximale : 40°C

Typologies de systèmes

- ▶ Monté sur place
- ▶ Panneaux préfabriqués



Source : écorce



Source : WEM



PRODUCTION

ECS

EMISSION

- ▶ Modes d'émission
- ▶ Types d'émetteurs
- ▶ **Critères de choix**

DISTRIBUTION

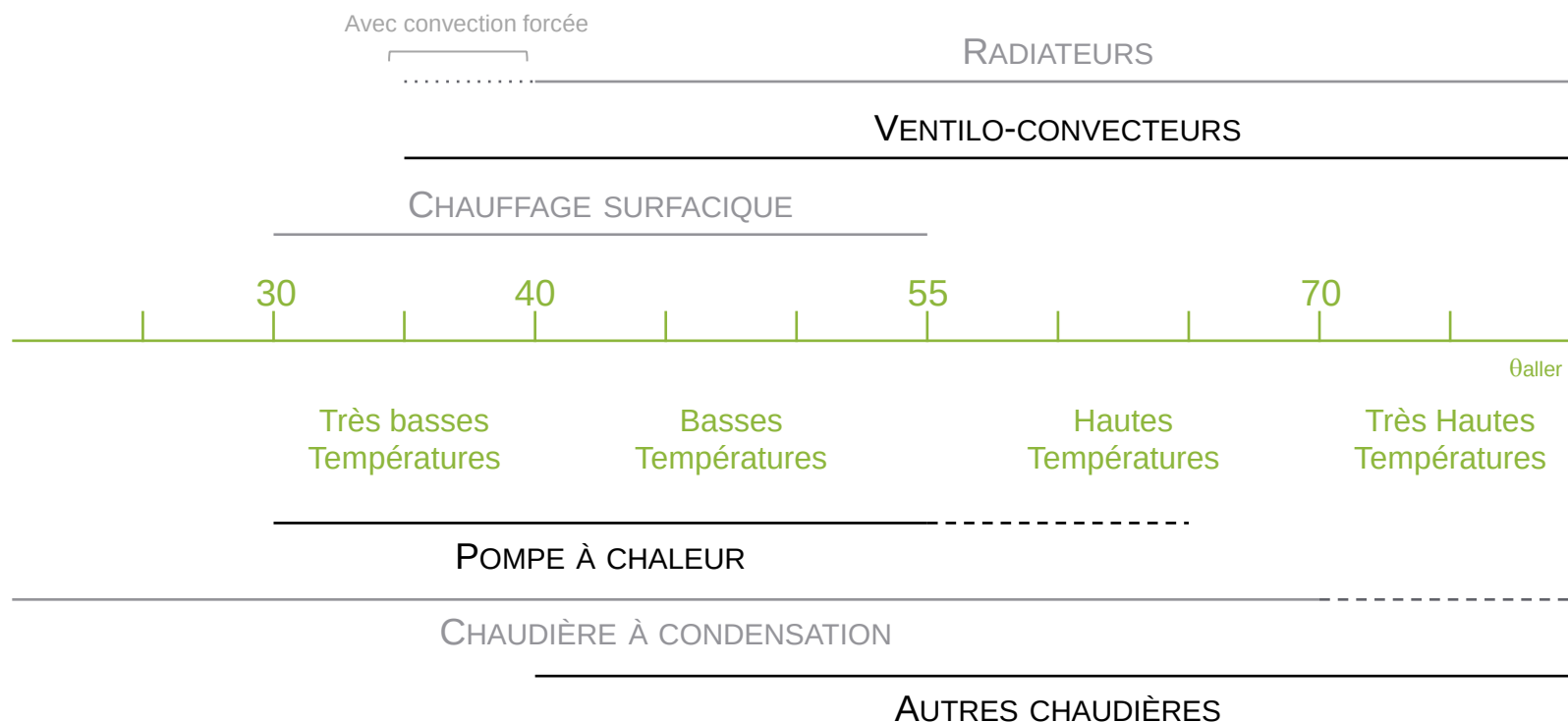
RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS



Compatibilité émission / production

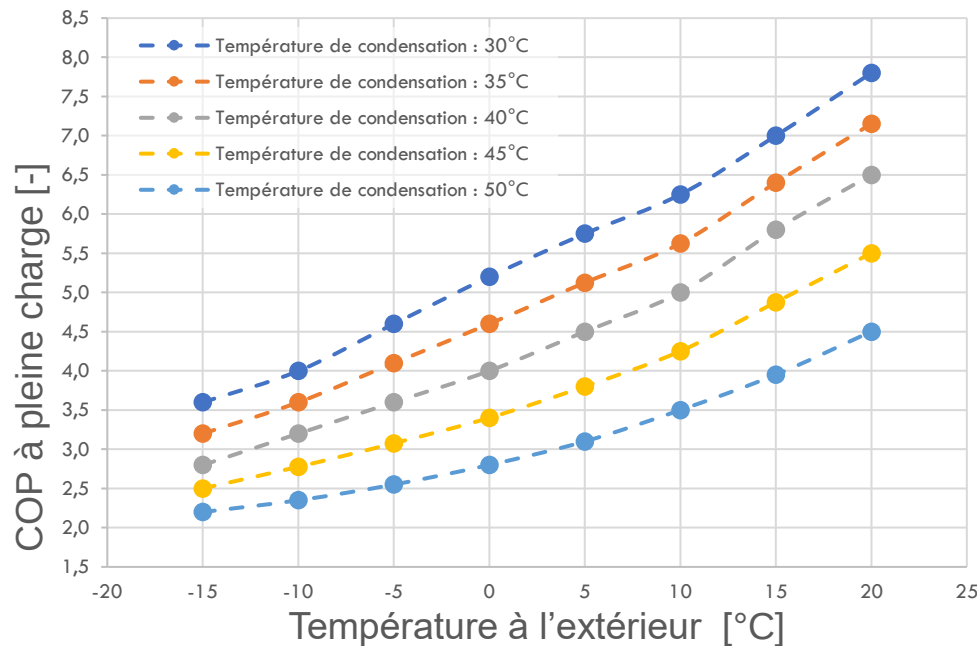
- Régimes de température d'eau



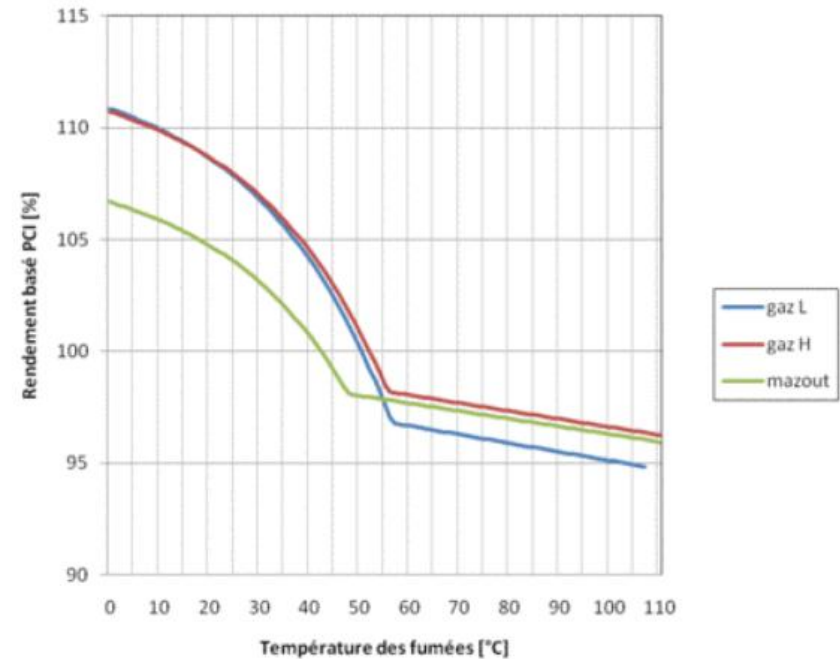
Compatibilité émission / production

- Impact du régime de t° sur la performance du producteur

Evolution de la performance d'une pompe à chaleur selon le régime de température



Evolution du rendement d'une chaudière à condensation selon la température de retour

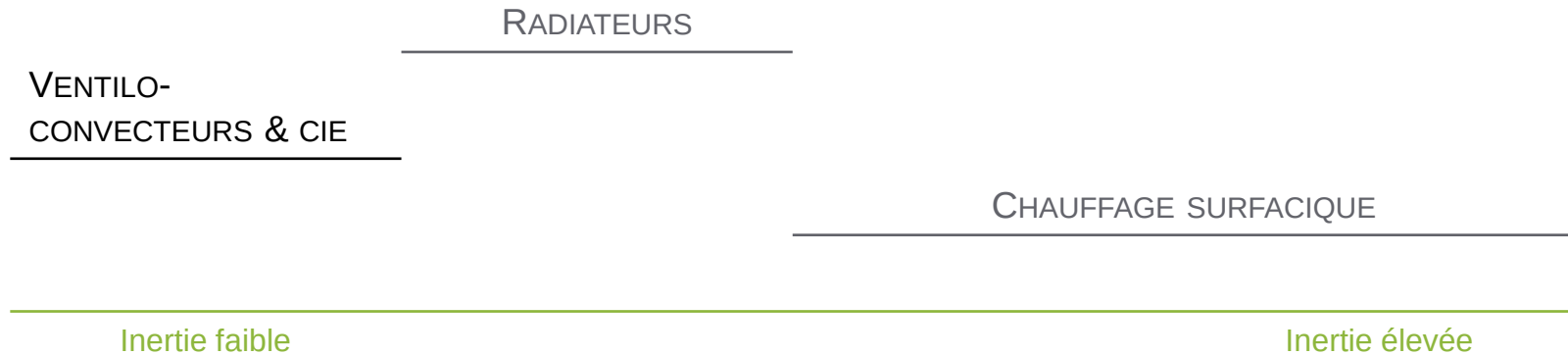


⇒ L'installation d'une chaudière à condensation ou d'une pompe à chaleur nécessite de diminuer le régime de température !



Inertie

- Souplesse d'utilisation



- ▶ Contexte et géométrie du local
 - Exposition au soleil (orientation, proportion de surfaces vitrées)
 - Inertie thermique du local
 - Hauteur sous plafond

- ▶ Ampleur des travaux
 - Budget
 - Parois rénovées

- ▶ Encombrement

- ▶ Type d'usage
 - Ponctuel? Continu?



PRODUCTION

EMISSION

DISTRIBUTION

- ▶ **Chauffage**
- ▶ ECS
- ▶ Accessoires
- ▶ Points d'attention en rénovation

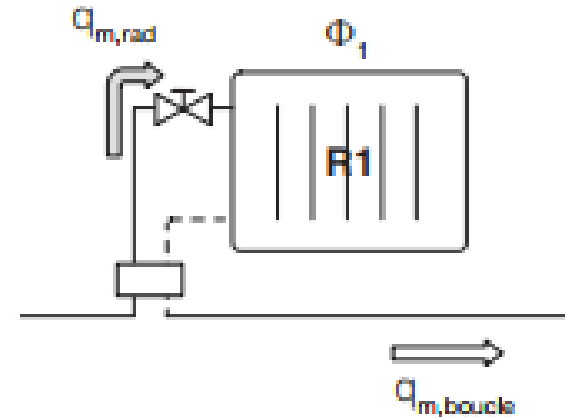
RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS

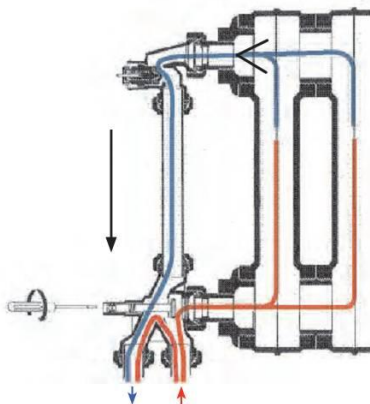


Installation monotube (vieilles installations)

- ▶ Plusieurs radiateurs sont raccordés sur une même boucle
- ▶ Le départ et le retour sont assurés par une seule et même conduite
- ▶ Une partie du débit de la boucle passe dans le radiateur, l'autre partie passe par une dérivation et est mélangée à l'eau de retour
- ▶ Des vannes monotubes permettent de régler le rapport entre le débit de la boucle et celui du radiateur
- ▶ Forte diminution de la température de l'eau



Source : Buildwise, Rapport 14



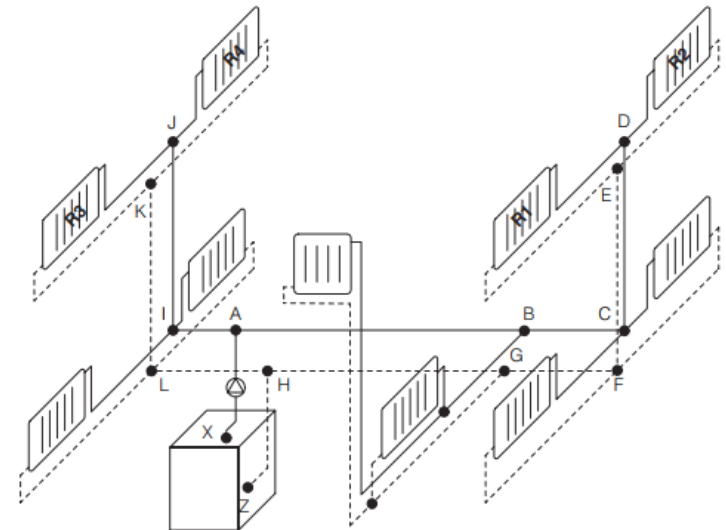
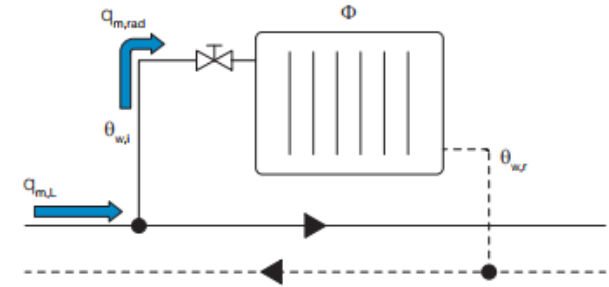
Source : Gobricoleur

Source : Traiteur Cheval Blanc



Installation bitube

- Les radiateurs sont montés en parallèle, sur deux tubes
- L'entrée du radiateur est raccordée au tube départ
- La sortie du radiateur est raccordée sur le tube retour



Source : Buildwise, Rapport 14



PRODUCTION

EMISSION

DISTRIBUTION

- Chauffage
- **ECS**
- Accessoires
- Points d'attention en rénovation

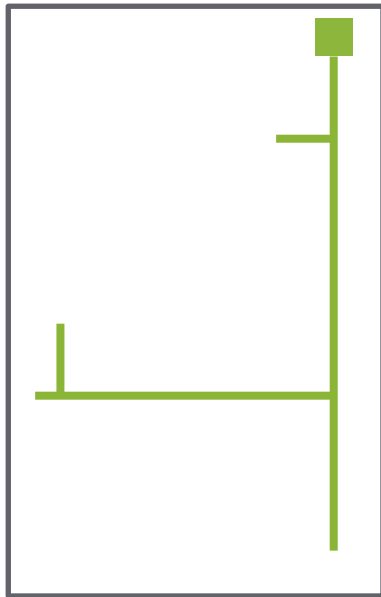
RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS



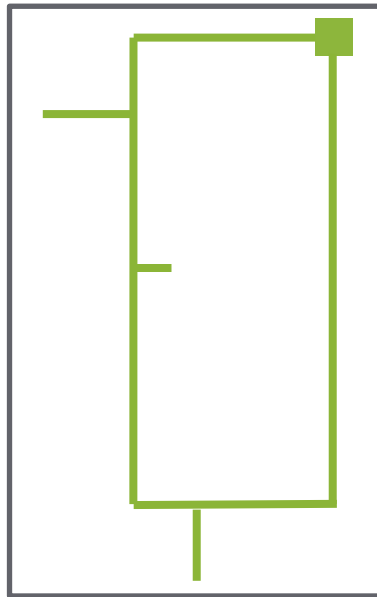
Différentes typologies de réseaux

ARBORESCENCE



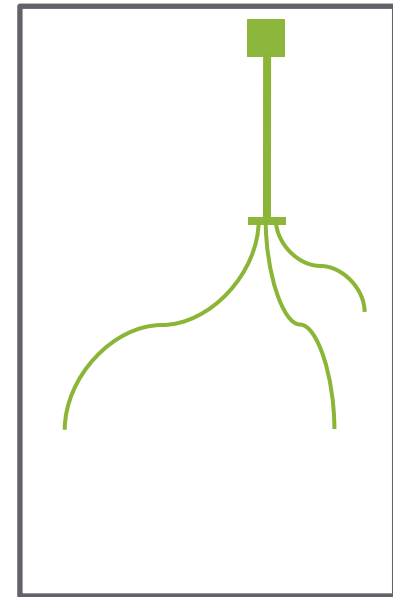
- + Longueur de conduites limitée
- Temps d'attente long
- Risque hygiénique
- Interférence entre les différents points de puisage

BOUCLE DE CIRCULATION



- + Temps d'attente très court
- + Risques hygiéniques réduits
- Consommation énergétique importante

COLLECTEURS



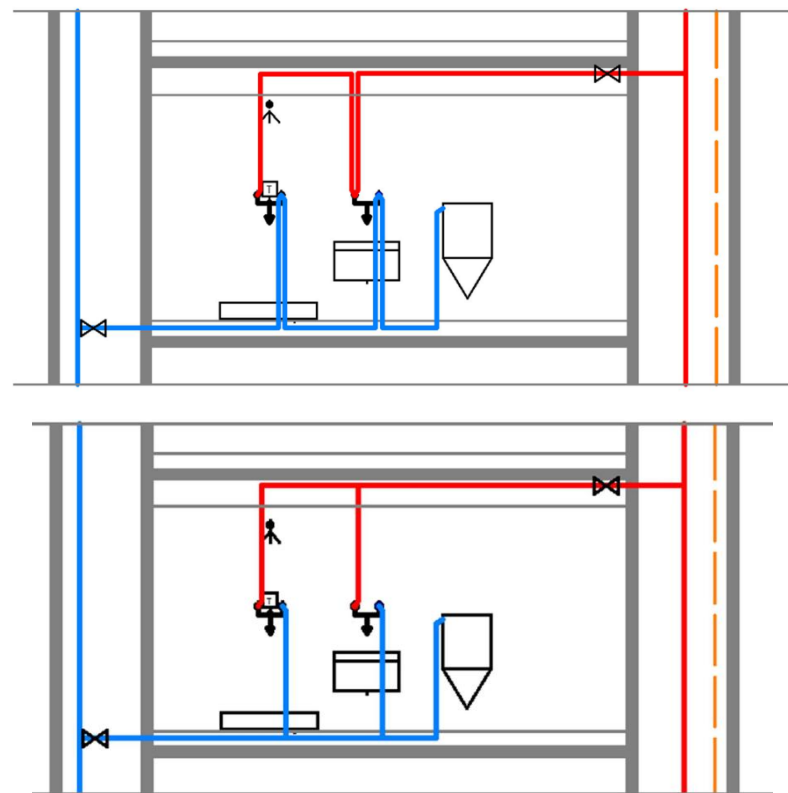
- + Pertes de charges uniformisées
- + Diamètre plus faible
- + Pas d'interférence entre les points de puisage
- Longueur de conduite plus importante

⚠ aux des bras morts !



Quelques règles de bonnes pratiques

- ▶ Tracé horizontal / vertical uniquement
- ▶ Si conduites encastrées >> Fourreau nécessaire ⚠ **Pas de raccords encastrés**
- ▶ Pour éviter le risque de gel...
 - Eviter les zones extérieures hors sol, zones non chauffées,... sinon,
 - Prévoir l'isolation et la vidange en hiver / le traçage électrique,
- ▶ Prendre en compte les interactions avec la distribution d'eau froide
 - Séparer les réseaux de distribution EF et ECS (min 15 cm)
- ▶ Penser à la cohérence entre les réseaux d'adduction et d'évacuation ...



Source : Buildwise



Quelques règles de bonnes pratiques

- ▶ Limiter les longueurs et donc, les **temps d'attente** trop longs et les **surconsommations d'eau**
 - ⇒ **Rassembler les points de puisage le plus près possible du producteur**
- ▶ Temps d'attente = Temps d'attente appareil + temps d'attente conduite

	Evier	Lavabo	Bain	Douche
Temps d'attente max. (DIN 1988-300)	5 à 8 s	8 à 10 s	15 à 25 s	10 à 15 s



Faut-il isoler toutes les conduites ?

- ▶ *Best Beschikbare Technieken voor Legionella-beheersing in nieuwe sanitaire systemen* (Non obligatoire mais fortement recommandée en RBC)
 - *Il est préférable de ne pas isoler les conduites de puisage d'eau chaude (de moins de 15 m de long et 3 l de contenance), afin qu'elles ne soient pas trop longtemps soumises à des températures favorisant la croissance rapide des germes*
- ▶ Réglementation PEB Chauffage: L'épaisseur d'isolation dépend
 - du diamètre de la conduite
 - de la classe de l'isolant
 - classe 1 : $\lambda < 0,035 \text{ W/(m.K)}$
 - classe 2 : $0,035 \text{ W/(m.K)} \leq \lambda \leq 0,045 \text{ W/(m.K)}$



Réglementation PEB Chauffage

L'épaisseur d'isolation dépend

HORS VOLUME
PROTÉGÉ

- ▶ De l'environnement de la conduite
 - [I.a] A l'extérieur,
 - [I.b] Dans le sol,
 - [I.c] Dans tout autre espace ne faisant pas partie du volume protégé

DANS LE
VOLUME PROTÉGÉ

- [II.a] Dans un local de chauffe, ou dans un local technique, dans des gaines techniques
- [II.b] Directement en apparent dans tout local dépourvu de système de chauffage et équipé ou non d'un système de climatisation
- [II.c] Directement en apparent dans tout local équipé d'un système de chauffage et d'un système de climatisation
- [II.d] Dans les faux-plafonds, dans les faux-planchers, les habillages continus d'unités terminales (II.d)
- [III] Les conduits et accessoires situés dans toutes les autres situations à l'intérieur du volume protégé



Réglementation PEB Chauffage

- Epaisseur d'isolant en mm selon l'environnement et le diamètre de la conduite et la classe d'isolant

Diamètre [mm]	Environnement I		Environnement II	
	Classe 1	Classe 2	Classe 1	Classe 2
de 20 à 24,9	13	23	11	19
de 25 à 29,9	17	29	13	22
de 30 à 39,9	22	35	16	26
de 40 à 60,9	27	42	21	32
de 61 à 89,9	35	54	25	37
de 90 à 114,9	39	59	28	41
de 115 à 159,9	42	62	32	46
de 160 à 229,9	47	68	36	50
de 230 à 329,9	49	70	38	53
≥ 330	60	80	50	60



PRODUCTION

EMISSION

DISTRIBUTION

- Chauffage
- ECS
- **Accessoires**
- Points d'attention en rénovation

RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS



Collecteur

- ▶ Chaque corps de chauffe est raccordé individuellement
- ▶ Conduit synthétique ou multicouche
- ▶ Chaque circuit alimente un seul radiateur
- ▶ Idéal pour les petites installations
- ▶ Facilité de réglage



Source : Techno-kit

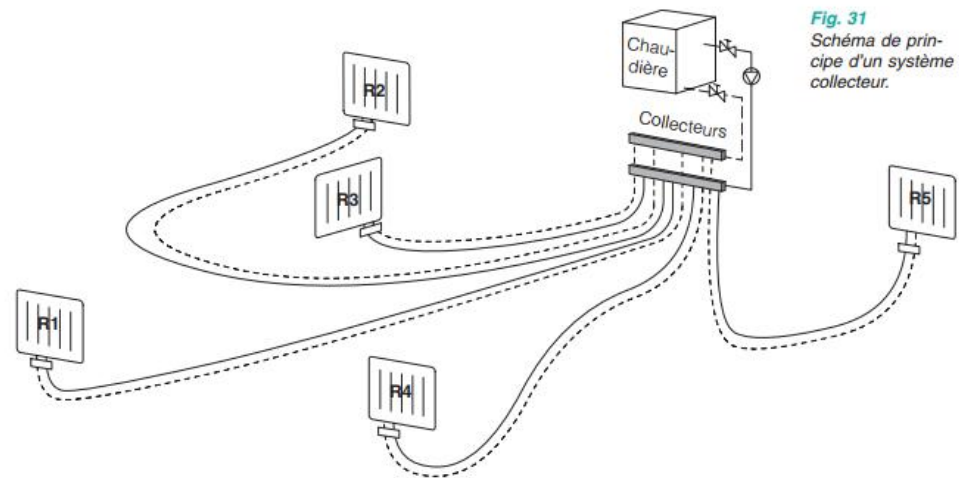


Fig. 31
Schéma de principe d'un système collecteur.

Source : Buildwise, Rapport 14



Circulateur

- ▶ Permet de faire circuler les débits d'eau corrects dans les circuits
 - A débit constant : marche / arrêt
 - A débit variable : adapte sa vitesse pour fournir le débit demandé

⇒ **Remarque : Depuis 08/2015, obligation d'installer des circulateurs à haut rendement, indice EEI $\leq 0,23$**

Source: wilo



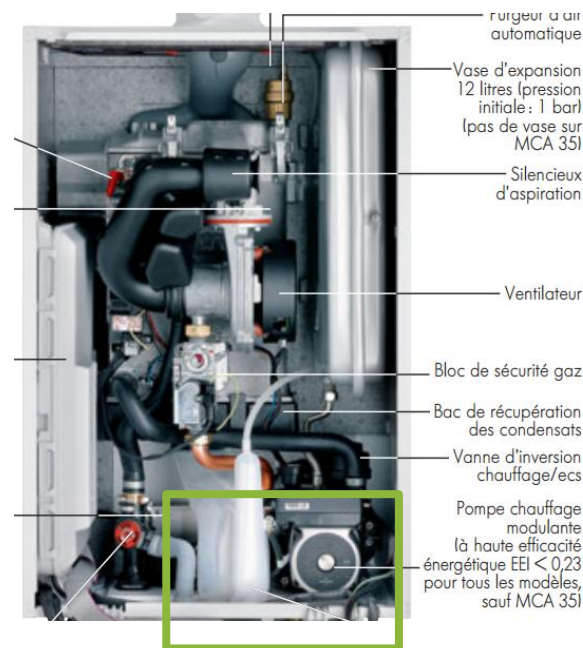
Source : Grundfos



Source: wilo



Source : KSB



Vase d'expansion

- ▶ Evite une variation excessive de la pression à l'intérieur de l'installation
- ▶ Evite que l'installation soit mise en dépression

- ▶ Différents types
 - Vase d'expansion ouverts (en voie de disparition)
 - Vase d'expansion fermés

A pression variable (petites installations)

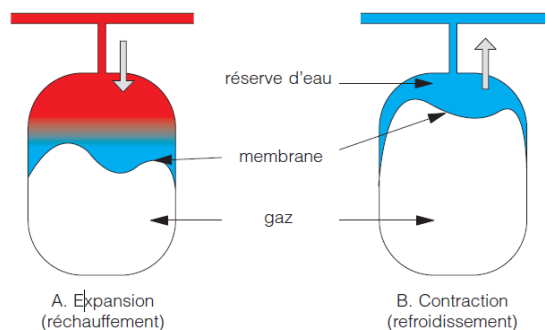


Fig. 65 Principe de fonctionnement du vase d'expansion fermé à pression variable.

Source : Buildwise, Rapport 14

A pression constante (grandes installations)

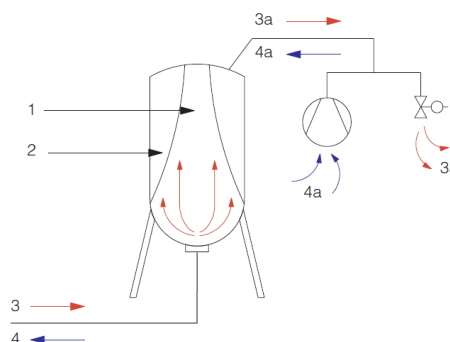


Fig. 75 Principe de fonctionnement du vase d'expansion à compresseur.

1. Eau sous pression d'installation
2. Air sous pression d'installation
3. Réchauffement (expansion) de l'eau
- 3a. Libération de la pression via la soupape de surpression
4. Refroidissement (contraction) de l'eau
- 4a. Ajout de pression via le compresseur

Source : Buildwise, Rapport 14



PRODUCTION

EMISSION

DISTRIBUTION

- Chauffage
- ECS
- Accessoires
- **Points d'attention en rénovation**

RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS



Est-il nécessaire de remplacer le système de distribution ?

- Est-il compatible avec les émetteurs et le producteur envisagés ?

Le diamètre est-il compatible avec le débit qui doit passer ?

Le nombre de circuit est-il adapté ?

- Le tracé correspond-il toujours aux besoins actuels ?

Les émetteurs sont-ils toujours au même endroit ?

Les émetteurs sont-ils approvisionnés de manière équitable ?

- Les conduites sont-elles en bon état ?

Y a-t-il des traces de corrosion, de tartre, de micro-organismes ?



Source : Cleantube



Comment nettoyer et entretenir le réseau de distribution ?

- ▶ Si le réseau est moyennement encrassé, il est conseillé
 - de nettoyer le réseau en injectant un produit adapté
 - d'ajouter au réseau
 - un pot à boue
 - un aimant
 - de nettoyer et d'entretenir régulièrement les équipements

- ▶ Si l'installation est fortement encrassée, il est conseillé de réaliser un nettoyage au moyen d'une pompe de désembouage en plus du reste



- Installation en fin de vie même nettoyée reste en fin de vie
- Le nettoyage peut être décapant et créer des fuites si l'installation est trop dégradée



Source : Cleantube



PRODUCTION

EMISSION

DISTRIBUTION

RÉGULATION

- ▶ **Pourquoi réguler ?**

- ▶ Accessoires de régulation simple

- ▶ Comment réguler ?

- ▶ Mon installation fonctionne-t-elle de manière optimale ?

RÈGLEMENTATIONS



POURQUOI RÉGULER ?

- ▶ Les installations sont dimensionnées pour une situation extrême...
 - $T_{amb} = 20^{\circ}\text{C}$ – $T_{ext} = -8^{\circ}\text{C}$
 - Régime de température : 50/40
- ⇒ Or cette situation est relativement peu fréquente !
- ⇒ Réguler une installation de chauffage permet de répondre strictement au besoin...

- ▶ Une régulation de qualité de l'installation de chauffage doit permettre
 - de tenir compte du confort ressenti dans les différents espaces
 - le respect des températures de consigne intérieure, tenant compte des variations d'apports de chaleur et de conditions météorologiques
 - l'intermittence de la fourniture de chaleur en période d'inoccupation ou d'inactivité (par exemple la nuit)



PRODUCTION

EMISSION

DISTRIBUTION

RÉGULATION

- Pourquoi réguler ?
- **Accessoires de régulation simple**
- Comment réguler ?
- Mon installation fonctionne-t-elle de manière optimale ?

RÈGLEMENTATIONS



Sonde extérieure

- Mesurer et communiquer la température extérieure au producteur de chauffage pour qu'il adapte le régime de température...

Plus la température extérieure est froide, plus le régime de température est élevé !

*C'est ce qu'on appelle la **courbe de chauffe***

⇒ La courbe de chauffe est propre à chaque bâtiment !



Source : Siemens



Source : Vaillant

- On peut régler la courbe
 - au niveau de la pente, selon le niveau d'isolation du bâtiment
 - de manière parallèle, pour modifier la température de manière uniforme.

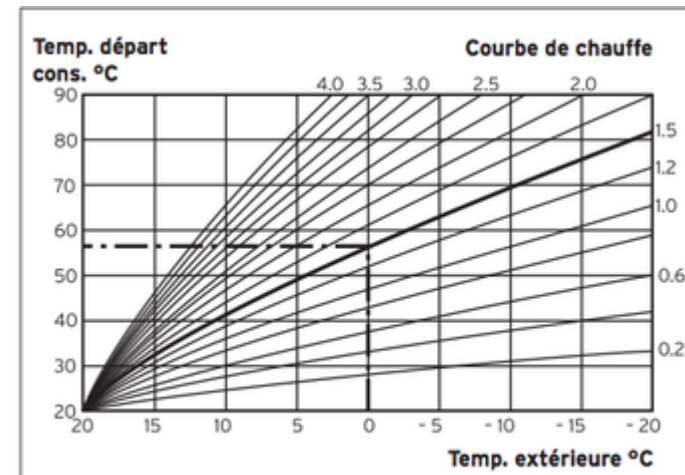


Fig. 4.15 Diagramme des courbes de chauffage pour une température ambiante de consigne de 20 °C

Source : Viessmann



Thermostat d'ambiance

- ▶ Le thermostat mesure la température intérieure, la compare à la consigne de température, et commande le circulateur
 - Programmation horaire possible



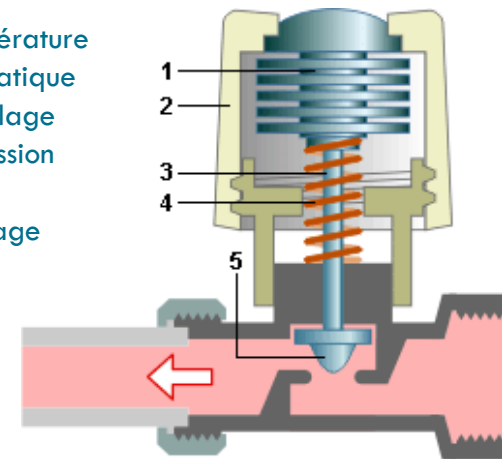
Source : Honeywell



Vanne thermostatique

- La vanne mesure la température intérieure du local et permet d'adapter le débit d'eau chaude qui traverse l'émetteur en fonction des besoins

1. Sonde de température ou bulbe thermostatique
2. Poignée de réglage
3. Tige de transmission
4. Ressort
5. Clapet de réglage



Source : Energie +

- L'ouverture dépend de la consigne définie sur la bague et de la température mesurée : la modification de la consigne n'a pas d'influence sur la rapidité d'atteinte de la consigne.
- Les indications sur la bague ne sont pas en degrés car la température atteinte dépend du contexte : la position III correspond à ~ 20°C.

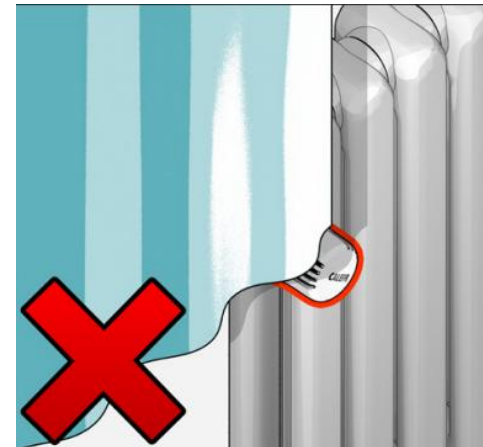
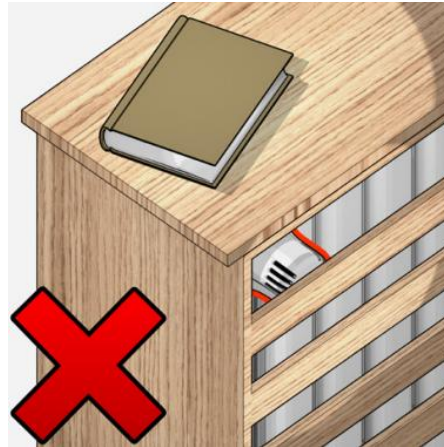


Vanne thermostatique

- ▶ Positionnement
 - Libre circulation de l'air autour de la VT, éviter de les placer
 - Derrière une tenture
 - Sous un meuble
 - Dans un recoin
 - Etc.
- Montage à l'horizontale



Source : IMI



Source : Caleffi



Vanne thermostatique

- ▶ Positionnement
 - En cas de radiateur encastré
 - Vanne thermostatique à bulbe déporté

- Vanne thermostatique déportée



Source : IMI



PRODUCTION

EMISSION

DISTRIBUTION

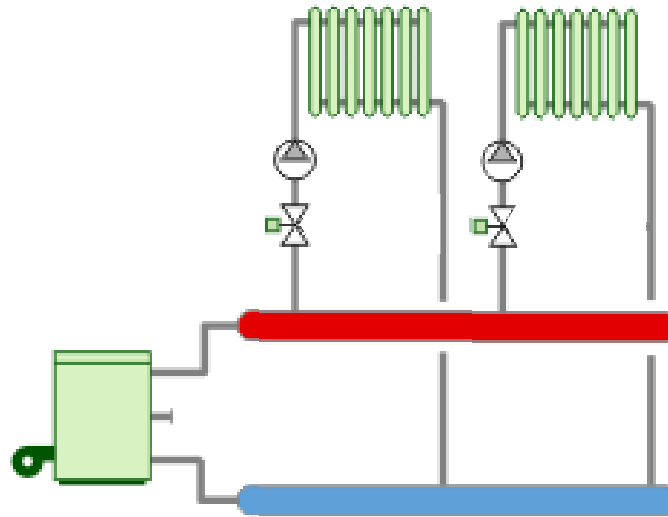
RÉGULATION

- Pourquoi réguler ?
- Accessoires de régulation simple
- **Comment réguler ?**
- Mon installation fonctionne-t-elle de manière optimale ?

RÈGLEMENTATIONS



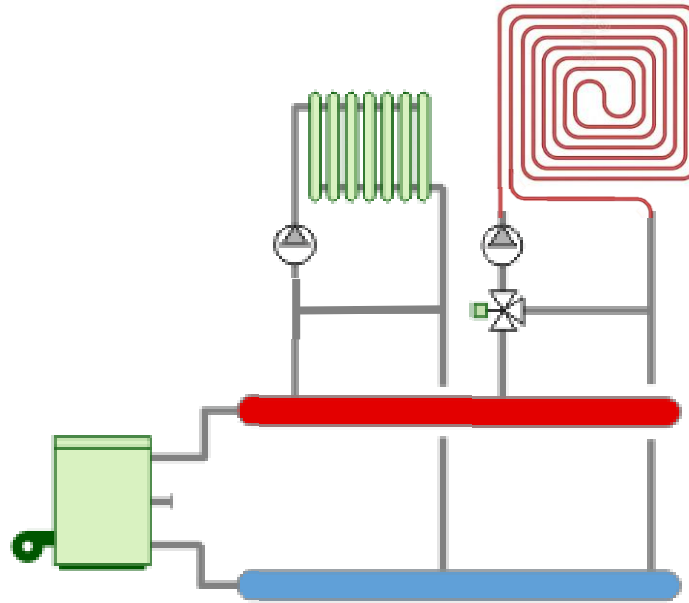
... si certaines zones ne sont pas chauffées simultanément ?



- La création de circuits distincts munis de vannes deux voies motorisées permet de dissocier le fonctionnement des circuits !



... si les émetteurs fonctionnent à des régimes de température différents ?

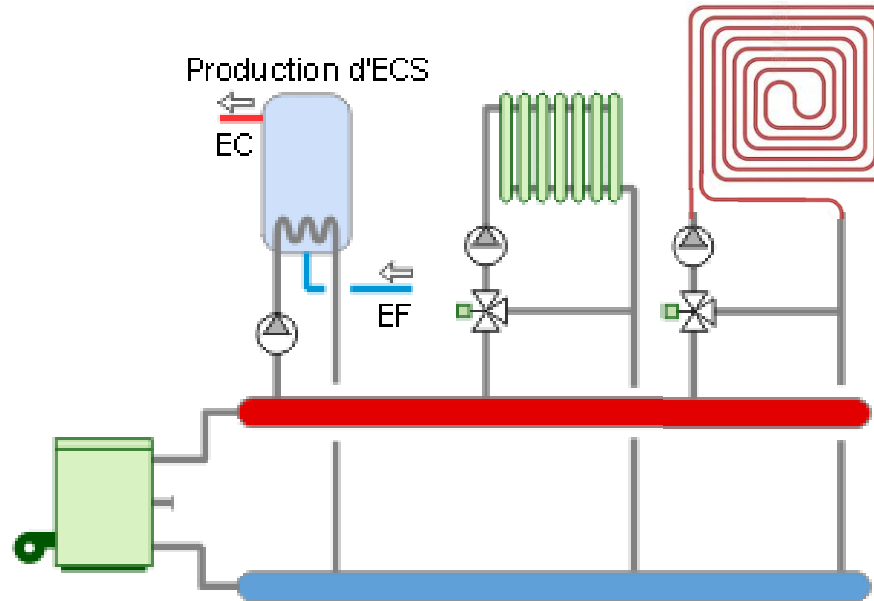


- La création de circuits distincts, dont l'un d'eux est muni d'une vanne 3 voies motorisée, permet de dissocier le fonctionnement et la température des circuits !

⇒ La vanne 3 voies, montée en mélange, permet de mitiger l'eau



... si le producteur assure aussi la production d'eau chaude sanitaire ?

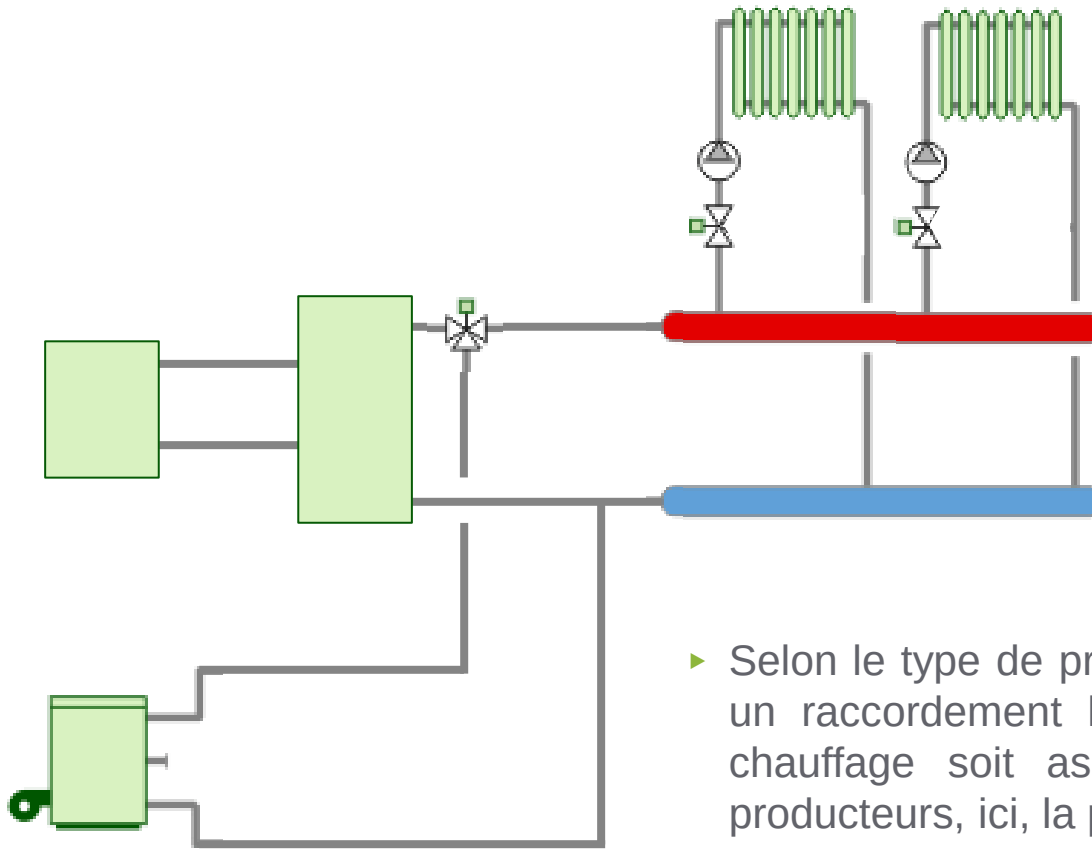


- Le principe est le même : la création de circuits distincts, munis de vannes 3 voies motorisées, permet de dissocier le fonctionnement et la température des circuits !

⇒ La vanne 3 voies, montée en mélange, permet de mitiger l'eau



... si il y a plusieurs producteurs de chaleur ?



- Selon le type de producteurs, le fabricant propose un raccordement hydraulique permettant que le chauffage soit assuré en priorité par un des producteurs, ici, la pompe à chaleur.



PRODUCTION

EMISSION

DISTRIBUTION

RÉGULATION

- ▶ Pourquoi réguler ?
- ▶ Accessoires de régulation simple
- ▶ Comment réguler ?
- ▶ **Mon installation fonctionne-t-elle de manière optimale ?**

RÈGLEMENTATIONS



Que faut-il vérifier ?

- ▶ Les horaires encodés dans le thermostat correspondent-ils à l'usage du bâtiment ?
- ▶ Le thermostat est-il réglé en mode automatique ?
- ▶ La courbe de chauffe est-elle réglée correctement ?
 - Pour trouver la température optimale de départ, il faut procéder par essais-erreurs, en tenant un journal de réglage...
 - Quelques valeurs indicatives ...
 - 0,3 à 0,5 pour une maison bien isolée avec plancher chauffant
 - 1,0 à 1,2 pour une maison bien isolée thermiquement avec des radiateurs
 - 1,4 à 1,6 pour un ancien bâtiment indépendant avec radiateurs



PRODUCTION

ECS

EMISSION

DISTRIBUTION

RÉGULATION

RÈGLEMENTATIONS

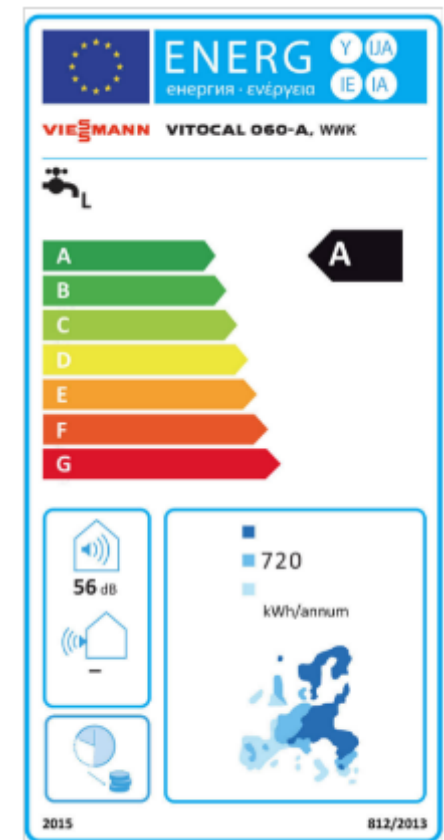


Exigences liées à la conception

- ▶ Imposition d'exigence minimales
- ▶ A destination des fabricants
 - Eco-conception
 - Acoustique

Exigences liées au renseignement

- ▶ Imposition de communiquer les performances,
 - ▶ A destination des consommateurs
 - Labels énergétiques
- ⇒ Le concepteur n'a pas de prise sur la performance des machines disponibles sur le marché... Mais bien sur le choix des machines installées !



Réglementations

- ▶ Acoustique
- ▶ PEB
- ▶ Permis d'environnement
- ▶ Urbanisme



EXIGENCES RELATIVES À L'INSTALLATION DES MACHINES

Niveau de puissance >< Niveau de pression acoustique

- Définition

Niveau de puissance
acoustique

L_w dB
 L_{wA} dB(A)



- Calculé en laboratoire
- Caractérise l'équipement intrinsèquement
- Est la base de tout calcul
- Est la base de toute comparaison**

Niveau de pression
acoustique

L_p dB
 L_{pA} dB(A)



- Mesuré au sonomètre
- Valeur sur fiche technique : L_p (à 1m, 3m, 5m ou 10m) noté « $L_p@3m$ ».
- Caractérise l'équipement **dans son environnement** (position, distance, local...)
- Grandeur exprimant les exigences régionales

→ Le même équipement présente des niveaux de pressions sonores différents selon la distance et la position



Seuils de bruit d'application en RBC Exigences acoustiques en RBC

- ▶ En RBC deux législations fixent des seuils de bruit qui ne peuvent être dépassés dans le voisinage d'une PAC :
 - Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 21 novembre 2002 relatif à la lutte contre le bruit de voisinage (MB 21.12.2002)
 - Si la PAC **n'est pas classée** au sens de l'Ordonnance relative aux permis d'environnement – rubrique 132
 - Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles Capitale du 21 novembre 2002 relatif à la lutte contre le bruit et les vibrations générés par les installations classées (MB 21.12.2002)
 - Si la PAC **est classée** au sens de l'Ordonnance relative aux permis d'environnement – rubrique 132.
Attention → dans ce cas, le permis d'environnement peut, dans certains cas, être plus stricte que ce qui figure dans l'arrêté,
- ▶ Les seuils de bruit sont pratiquement identiques que la PAC soit classée ou non (au sens de l'Ordonnance relative aux permis d'environnement – rubrique 132)
- ▶ Plus d'infos : <https://environnement.brussels/pro/reglementation/obligations-et-autorisations> --> Bruit



EXIGENCES RELATIVES À L'INSTALLATION DES MACHINES

Exigences acoustiques en RBC

- Pour une source de bruit perceptible à l'extérieur : les limites varient en fonction

- de la période

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche/ fériés
7h à 19h	A	A	A	A	A	B	C
19h à 22h	B	B	B	B	B	C	C
22h à 7h	C	C	C	C	C	C	C

- de la zone de bruit

- zone 1 : zones d'habitation à prédominance résidentielle, zones vertes, zones de haute valeur biologique, zones de parc, zones de cimetière, zones forestières
- zone 2 : zones d'habitation
- zone 3 : zones mixtes, zones de sports ou de loisirs en plein air, zones agricoles, zones d'équipements d'intérêt collectif ou de service public
- zone 4 : zones d'intérêt régional, zones de forte mixité, zones d'entreprises en milieu urbain
- zone 5 : zones administratives
- zone 6 : zones d'industries urbaines, zones de transport et d'activité portuaire, zones de chemin de fer, zones d'intérêt régional à aménagement différé



<https://geodata.environnement.brussels/client/view/88d8aa31-0b44-479e-8e4b-e46c80232308>



Exigences acoustiques en RBC

- Pour une source de bruit perceptible à l'extérieur (jardin, terrasse, balcon, cours...) en provenance d'une autre propriété ou d'une autre unité d'occupation
- Niveau de bruit spécifique (L_{sp}), valeurs en **dB(A)**

	Limites de niveau de bruit spécifique L_{sp}				
	Période A	Période B		Période C	
	L_{sp}	L_{sp}	L_{sp} (si b)	L_{sp}	L_{sp} (si a ou b)
Zone 1	42	36	42	30	30
Zone 2	45	39	45	33	39
Zone 3	48	42	48	36	42
Zone 4	51	45	51	39	45
Zone 5	54	48	54	42	48
Zone 6	60	54	60	48	54

a : Limites applicables aux installations dont le fonctionnement ne peut être interrompu.

b : Limites applicables aux magasins pour la vente au détail



Exigences acoustiques en RBC

- Pour une source de bruit perceptible à l'intérieur en provenance d'une autre pièce ou de l'extérieur les limites varient en fonction
 - de la période
 - de l'affectation du local

		Limites d'émergences		
Type de local	Période	Emergence de niveau en dB(A)	Emergence tonale (E) en dB (A)	Emergence impulsionnelle en dB(A)
Repos	C	3	3	5
Repos	A et B	6	6	10
Séjour	A, B et C	6	6	10
Service	A, B et C	12	12	15





PEB Chauffage & Climatisation



La PEB, une réglementation à 3 volets



Focus sur la PEB chauffage et climatisation

Source : [Réglementation sur la performance énergétique des bâtiments \(PEB\) | Professionnel - Bruxelles Environnement](#)



PEB Chauffage & Climatisation

- ▶ Quoi ?
 - série d'exigences à respecter
 - contrôle périodique à effectuer
 - réceptions PEB et diagnostics PEB à effectuer

- ▶ Quand ? Présence
 - Chauffage : systèmes comprenant une ou plusieurs chaudières et aux chauffe-eau (> 0 kW)
 - Chaudières : combustibles liquides ou gazeux et transmettent leur chaleur via de l'eau liquide comme fluide caloporteur intermédiaire.
 - Chauffe-eau, y compris les chauffe-bain : combustible gazeux et transmettent leur chaleur à de l'eau chaude sanitaire sans fluide caloporteur intermédiaire.

 - Climatisation : systèmes dont la puissance nominale effective est supérieure à 12 kW



PEB Chauffage & Climatisation

Votre situation	Quoi ?	Quand ?	Par qui ?
J'ai une chaudière au gaz J'ai un chauffe-eau au gaz	<u>Contrôle périodique PEB</u> = contrôle qui comprend l'entretien	•Tous les 2 ans •Lors du placement du chauffe-eau •Lors d'une intervention sur la partie combustion •Lors du déplacement d'un appareil sur le même système	<u>Technicien·ne chaudière PEB</u>
J'installe ou remplace ma chaudière	<u>Réception PEB</u>	Au plus tard un mois après la mise en service	<u>Conseiller·e chauffage PEB type 1 ou type 2</u>
J'installe une pompe à chaleur $P_{th} > 12$ kW	<u>Réception PEB</u> (pas encore réalisable - logiciel en cours de développement)	Au plus tard un mois après la mise en service	<u>Conseiller·e chauffage PEB type 2</u> ou <u>conseiller·e climatisation PEB</u>
Nous avons une pompe à chaleur $P_{th} > 12$ kW	<u>Diagnostic chauffage PEB</u> (pas encore réalisable - logiciel en cours de développement)	Tous les 5 ans	<u>Conseiller·e chauffage PEB type 2</u> ou <u>conseiller·e climatisation PEB</u>

> Plus d'info : <https://environnement.brussels/thematiques/batiment-et-energie/obligations/la-performance-energetique-des-batiments-peb/chauffage-3>



EXIGENCES RELATIVES À L'INSTALLATION DES MACHINES

Permis d'environnement

- Un permis d'environnement est nécessaire si l'installation est classée...

> Consulter la liste des installations classées :

https://app.bruxellesenvironnement.be/listes/?nr_list=IC_LIST

- En cas de forage géothermique
- Si la puissance des pompes à électriques est supérieure à 100 kW
- Si l'installation correspond à une des situations suivantes

Fonction	Critères déterminant le seuil pour la rubrique 132	Puissance absorbée / quantité de fluide	Rubrique	Classe
Installation de réfrigération, système de climatisation, pompes à chaleur	Puissance électrique absorbée/ circuit	> 10 kW	132 A	3
		>= 100 kW	132 B	2
Installation de réfrigération, système de climatisation, pompes à chaleur	Quantité de fluide par circuit	>= 5 tonnes équivalent CO2	132 A	3
		>= 3 kg de fluide frigorigène toxique ou inflammable	132 B	2
Tour de refroidissement humide		présence	132 C	2

Source : <https://environnement.brussels/>

NB : Puissance électrique = puissance électrique au compresseur de la machine frigo.



Urbanisme

- ▶ De manière générale, l'intégration d'une unité extérieure de PAC nécessite un permis d'urbanisme
- ▶ Les communes sont compétentes pour octroyer les permis d'urbanismes

⇒ Toujours se renseigner au préalable au service urbanisme de votre commune

- ▶ L' "**arrêté minime importance**" prévoit des **dispenses de permis d'urbanisme** pour le placement, la suppression et l'enlèvement d'une pompe à chaleur au sol, sur un bien **non protégé**, moyennant le respect des **conditions suivantes**
 - la pompe à chaleur a un volume capable **maximal d'un m³**
 - elle est à une distance de **minimum trois mètres par rapport aux limites mitoyennes**
 - elle est **non visible depuis l'espace public**
- ▶ Des dispenses procédurales sont prévues pour le placement, la suppression et l'enlèvement d'une pompe à chaleur au sol, sur un bien protégé, moyennant le respect des mêmes conditions

Source : Vade-mecum « Les améliorations énergétiques et le permis d'urbanisme »





PRODUCTION

- ▶ Chaque type de producteur a ses contraintes propres
 - Une chaudière à condensation nécessite une amenée de gaz et d'air comburant ainsi que l'évacuation des fumées et des condensats
 - Une pompe à chaleur nécessite des équipements pour extraire la chaleur à la source chaude ainsi qu'un raccordement électrique suffisant
- ▶ Au-delà des aspects techniques, il existe différentes réglementations à prendre en compte lors d'un changement de producteur de chaleur
- ▶ L'ECS peut être produite de différentes manières
 - Production instantanée = grande puissance et pas de volume
 - Production en accumulation = grand volume et longue période de recharge
 - Production semi-instantanée = compromis entre les deux
- ▶ Solaire thermique: importance de la régulation et nécessité de prévoir un appoint.





EMISSION

- ▶ Chaque type d'émetteur a ses spécificités
 - Mode(s) d'émission de la chaleur
 - Inertie
 - Régime(s) de température(s)
- ▶ L'emplacement et le dimensionnement adéquats des émetteurs sont essentiels pour garantir le confort
- ▶ Le choix des émetteurs a un impact sur les autres aspects de l'installation de chauffage
 - Distribution
 - Régulation
 - Rendement du producteur





DISTRIBUTION ET REGULATION

- Pour assurer le confort en consommant de manière rationnelle, il est nécessaire d'installer une sonde de température extérieure ainsi que des éléments de régulation locaux : thermostat et vannes thermostatiques
- Suivre les consommations de son installation permet de vérifier si l'installation répond strictement au besoin





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- ▶ Thème ENERGIE

Dossier I Concevoir une installation de chauffage efficace

- [Choisir les unités terminales](#)



Sites internet

- ▶ Energie + : <https://energieplus-lesite.be>
- ▶ Buildwise [Rapport 14 - Conception et dimensionnement des installations de chauffage central à eau chaude](#)
- ▶ Buildwise [Rapport 18 - Dimensionnement des systèmes de chauffage par le sol à eau chaude](#)
- ▶ Buildwise [Outil Powerheat](#)



Formations et séminaires

- ▶ Inscrivez-vous aux formations organisées par Bruxelles Environnement <https://environnement.brussels/formationsbatidurable>
Et notamment, en lien avec cet exposé :
Chauffage et eau chaude sanitaire : conception

Consultez tous les supports [gratuitement](#) !





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- Thème ENERGIE

Dossier I [Garantir l'efficience des installations de chauffage et ECS](#)

Dossier I [Optimiser la production et le stockage pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire](#)

Solution | [Chauffe-eau solaire](#)



Sites internet

- Energie + : <https://energieplus-lesite.be>

- Buildwise [Magazine Edition Installations techniques](#)



Formations et séminaires

- Inscrivez-vous aux formations organisées par Bruxelles Environnement
<https://environnement.brussels/formationsbatidurable>

Et notamment, en lien avec cet exposé :

Chauffage et eau chaude sanitaire : conception

Consultez tous les supports [gratuitement](#) !



Muriel BRANDT et Julie RENAUX

Ingénieur projet

écorce sa

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

